METALLO-CROMIA, ELETTRO-MAGNETISMO, ...

Luigi Marsili

Digitized by Google

23

METALLO-CROMIA
ELETTRO-MAGNETISMO
MAGNETO-ELETTRICISMO
TERMO-ELETTRICISMO
E CALORICO RAGGIANTE

Articoli Cinque

DAL PROF. LUIGI MARSILI

DI PONTREMOLI

AD USO DELLA SUA SCOLARESCA RACCOLTI

PER FAR SEGUITO

AL CORSO ELEMENTARE DI F. MARCET

Firenze

PRESSO LA TIPOGRAFIA GALILEIANA

1839

Digitized by Google

Digitized by Google

INDICE

DEGLI ARTICOLI

Articolo I.

Metallo-Cromia del Nobili . . . . . Pag. 1
Scala Cromatica . . . . . » 5
Metallurgia elettro chimica di Becquerel . . . . . » 9

Articolo II.

Elettro-Magnetismo . . . . . » 11

Articolo III.

Magneto-Elettricismo . . . . . » 19

Articolo IV.

Termo-Elettricismo . . . . . » 29

Articolo V.

Calore Raggiante . . . . . » 39

La trasparenza dei corpi relativamente la calorico raggiante è in alcuni casi indipendente dalla loro trasparenza per la luce . . . . . » 43
Sostanze diatermane ed atermane . . . . . » 44
Costanza di trasmissione calorifica del sal gemma . . » ivi
Colorazione calorifica, o diatermansia . . . . . » 45
La costanza della trasmissione calorifica del sal gemma è dovuta all'assoluta di lui mancanza della diatermansia . . . . . » 46
Si dimostra la refrazione del calorico radiante per mezzo delle lenti e de' prismi di sal gemma . . . . . » 47

Digitized by Google

Colle lenti e co' prismi di sal gemma si determina la posizione del massimo di temperatura sulle zone dello spettro neutoniano. . . . . Pag. 48
Modo di estrar dalle fiamme una luce priva di qualunque azione calorifica . . . . . » 51
Polarizzazione del calore . . . . . » 52
Facoltà di riflettere il calorico raggiante . . . . . » 54
Facoltà di emettere ed assorbire i raggi calorifici . . » 56

ARTICOLO I.

METALLOCROMIA DEL NOBILI
E
METALLURGIA ELETTRO-CHIMICA
DEL BECQUEREL.

La Metallocromia è l'arte inventata dal professor Nobili di colorare i metalli per mezzo della elettricità.

L'apparecchio di lui per ottenere le apparenze elettrochimiche è semplicissimo.

Chiamasi dall' inventore *apparato a punte*; e consiste (*fig.* 8) in un piccolo piano di legno, in una parte del quale sorge una colonna pure di legno. Sulla sommità di questa son fissati due bracci d'ottone orizzontali isolati fra loro e snodati. Il capitello della colonna è fatto perciò a vite, ed in modo da premere i due bracci incastrati entro appositi e distinti intagli praticati sulla sommità della colonna. Le estremità anteriori delle due braccia portano due aste verticali, che possono alzarsi e abbassarsi a piacere con un giuoco simile a quello dei lumi ordinari all'Argand. Queste due aste che non debbono mai toccarsi, terminano inferiormente in due morsettine, fra le quali s'impegnano due lastrine, a cui sono saldate due punte di platino. Le altre due estremità delle aste orizzontali sono munite di ganci, che per mezzo di fili conduttori si fanno all'opportunità comunicar coi due poli di una piccola pila a cassette.

Ora, sotto queste punte si dispone un piattino di vetro o di porcellana, nel quale si mette una lastrina metallica pulitissima, che si copre poi per qualche linea di una soluzione. Quindi si fa in modo che una delle punte venga perfettamente a contatto colla laminetta, e l'altra ne sia tanto o quanto distante, ma sempre entro il liquido. Stabilite le comunicazioni appariscono dopo pochi istanti sotto la punta sospesa dei bellissimi anelli variamente colorati e concentrici, simili a quelli delle lamine sottili, e delle bolle di sapone del Newton. Se ripetendo l'esperimento s'inverte la disposizione delle punte, accaderà un fenomeno diverso, e in qualche caso non ne avverrà alcuno; perchè è chiaro che la corrente è invertita, e quindi rovesciata

Digitized by Google

o impedita la di lei azione. Questi colori infatti sono prodotti da veli sottilissimi, che derivano dalla scomposizione del liquido, trasportati dalla corrente attraverso del liquido stesso, e deposti sulla faccia metallica, alla quale fissamente aderiscono. Quindi essi variano al variare della natura delle soluzioni; al variare dei metalli che vi sono immersi; al variar del tempo che si lascia la lamina sotto l'azione della pila; e al variare del polo con cui la laminetta comunica direttamente. Laonde il Nobili distinse queste colorazioni in apparenze elettro-chimiche positive, e in apparenze elettro-chimiche negative, e chiamò positivi o negativi i metalli a questo riguardo, secondo che esigevano in date soluzioni il contatto della punta positiva o negativa per colorarsi. In generale, come si sa, l'ossigene e gli acidi vanno al polo positivo, l'idrogene, gli alcali ed i metalli vanno al polo negativo. Adoperando pertanto una soluzione di solfato di zinco sull'argento positivo, si ottiene una macchia nera nel centro, circondata da un cerchio giallognolo che vien seguito da un cerchio blù sfumato, il quale è circondato da una zona tendente al giallo. Adoperando una soluzione d'acetato di piombo sull'oro o sul platino positivi compariscono alcune iridi concentriche. Il solfato di rame sull'argento negativo produce per lo più tre piccoli cerchi concentrici di rame provenienti dalla scomposizione del solfato: il centrale ed il terzo sono di un rosso piuttosto carico, e il secondo di un rosso più chiaro. I quali colori sono appunto quelli del rame nei due stati di ossido, e di metallo puro. Il latte vaccino sull'argento positivo dà al centro un punto scuro, poi serie di piccoli cerchi di tinte languide, e di colori lattei, poscia un cerchio d'argento, indi una o due belle iridi dove campeggia il rosso. Il sugo di pressemolo sull'argento positivo produce al centro un punto scuro circondato da materia bianchiccia e verde. Indi due corsi di belle iridi, uno più rinforzato dell'altro. Le iridi sono separate dai cerchi del centro, mediante una serie di veli così sottili che si distinguono appena sopra il fondo dell'argento. Sotto l'azione del calore le iridi acquistano una vivacità e splendore straordinario. La combinazione di più soluzioni, o di più sostanze modifica le apparenze, rendendole più o meno variate e brillanti. Inoltre varie soluzioni chimiche offrono dei fenomeni rimarchevoli tanto dal lato positivo, come dal negativo della pila. Per ottenere le due apparenze possiam servirci di due laminette, che si sottopongono l'una dopo l'altra all'azione della pila, invertendo pel secondo caso la corrente nel primo impiegata. Volendo poi le

due apparenze sulla stessa lamina, si mette questa per mezzo di fili metallici in comunicazione verso una delle due estremità col polo positivo di una pila, e l'altra estremità col polo negativo di una seconda pila. Dagli altri due poli delle due pile, alla Wollaston, si fanno partire i due fili, che poi discendono perpendicolarmente fino a piccolissima distanza dalla laminetta. In faccia alle punte di questi, cioè sotto allo sbocco della corrente, si formano le due apparenze. Perchè i due fenomeni non si disturbino l'un l'altro nella progressiva loro formazione, fa d'uopo lasciare un discreto intervallo fra le due punte coloranti. Che se esse non saranno abbastanza distanti fra loro, nascerà una specie di conflitto, e si osserverà il fenomeno dello schiacciamento delle due figure all'atto in cui i cerchi dell'una entrano nella regione dei cerchi dell'altra.

Se nell'apparato a punte si sostituisca alla laminetta un poco di mercurio, e si cuopra di acido solforico o d'una soluzione alcalina, e si abbassino ambedue le punte in modo che la positiva tocchi appena il punto centrale delle superfici del mercurio, e l'altra peschi entro alla soluzione ad una distanza laterale di quattro o cinque linee dal mercurio, si vedrà questo metallo liquido vivamente palpitare. Ciò avviene ancora se una delle punte ha un contatto laterale; e questo moto non si potrebbe meglio assomigliare che alla sistole e alla diastole del cuore (è questo un bel fenomeno che il maestro può ai giovani produrre a guisa di problema). Sostituendo pure alle punte di platino altri pezzi, come lamine piane verticali, forchette, ec. le apparenze elettro-chimiche s'ingrandiscono, e presentano sempre nuovi ed interessanti fenomeni. Per ottenere una tinta uniforme il Nobili costrusse un altro apparecchio non meno semplice del primo. Esso si forma (*fig.* 9) di una vaschetta di rame o di ottone verniciata di figura quadrata, al fondo della quale sono fissate due viti, che attraversano due ribalze fissate pure al fondo della vaschetta: le due viti portano due galletti destinati a serrar quando occorre contro lo stesso fondo della vaschetta le ribalze, che poi, svitando i galletti, sono prontamente sollevate da due piccole molle di acciaio. Si riempie la vaschetta di una soluzione, per esempio, di acetato di piombo fino all'altezza di due a tre linee dal fondo. Si colloca la laminetta sotto le ribalze, e si serra contro il fondo per mezzo dei due galletti. Ciò fatto, si copre la laminetta col *cappello di colorazione*, che è una lastra piana di metallo fissata fra due sponde d'avorio, e che in sostanza si può riguardare sic-

Digitized by Google

come una infinità di punte. Si mette in comunicazione la vaschetta col polo positivo della pila, e si tocca il cappello con una punta di ottone attaccata al filo dell' altro polo, e la laminetta si vede uniformemente colorata ora di una tinta ora di un'altra, secondo la diversa durata dell' esperimento.

Finalmente per osservare la direzione delle correnti nei liquidi, la loro polarità, ec. l'autore ideò uno *strettoio* a più compartimenti. La figura 10 ne presenta uno a tre reparti. Esso è composto di tre pezzi, che uniti insieme formano una specie di vaschetta. Questi pezzi sono di legno lavorati con precisione, e verniciati, e son tenuti uniti e stretti fra loro per mezzo di una staffa di ferro, dopo di aver dapprima applicate fra un pezzo e l'altro come tramezze, le lamine da colorarsi. Si riempiono i tre compartimenti di uno stesso liquido conduttore, o di diversi; si stabiliscono le comunicazioni delle estremità della vaschetta coi due poli della pila, e tutte le laminette restano contemporaneamente da una medesima banda, e di una tinta uniforme colorate. E siccome l'apparenza violetta, indaco, celeste, verde, ec., dipende sempre dalla minore o maggiore durata dell'azione elettrica, così egli nella sua sagacità ha potuto comporre una scala cromatica di 44 gradazioni soavi all'occhio per la loro armonia. Egli è così come vedere sviluppato, e quasi stirato lo spettro del prisma in modo da render sensibili anco i più delicati passaggi dall' una all'altra zona. Queste tinte son disposte sopra altrettante lamine di acciaio, e si succedono secondo l'ordine dei veli da cui derivano siccome gli anelli del Newton. Il color del velo più sottile è il primo, indi seguono i colori prodotti dai veli più densi. Ecco la scala divisa nei suoi quattro ordini distinti dall' 1 al 10, dall' 11 al 28, dal 29 al 38, dal 39 al 44. I numeri della terza colonna corrispondono alla grossezza relativa delle lamine sottili che producono i colori.

SCALA CROMATICA.

44.	Lacca rosea.	30	Ordine IV.
43.	Verde-giallo-rossiccio.	28	
42.	Verde-giallo.	27	
41.	Verde.	26	
40.	Violaceo-verdognolo	26	
39.	Lacca-violacea.	24	
38.	Lacca-rosea.	22	Ordine III.
37.	Rancio-roseo.		
36.	Rancio-verde	21	
35.	Verde-rancio.		
34.	Verde-giallo.	20	
33.	Verde-giallognolo.		
32.	Verde.	19	
31.	Porpora-verdognola	18	
30.	Lacca-turchiniccia	17	
29.	Lacca-purpurea	16	
28.	Lacca-accesa	15	Ordine II.
27.	Lacca.		
26.	Lacca-rancia	14	
25.	Rosso-rancio.		
24.	Rancio-rosso.		
23.	Rancio-rossiccio.		
22.	Rancio	13	
21.	Giallo-rancio.		
20.	Giallo acceso.		
19.	Giallo.		
18.	Giallo chiarissimo.	12	
17.	Celeste giallognolo.		
16.	Celeste.		
15.	Blù chiaro	11	
14.	Blù.		
13.	Blù carico.		
12.	Indaco	10	
11.	Violetto	8	
10.	Rosso-violaceo	7	Ordine I.
9.	Ocria-violacea.		
8.	Ocria.		
7.	Rosso di rame	6	
6.	Fulvo acceso.		
5.	Fulvo.		
4.	Biondo acceso	5	
3.	Biondo d' oro.		
2.	Biondo.		
1.	Biondo argentino	4	

Digitized by Google

In fatto poi di utili applicazioni il Nobili, oltre all'aver così date nuove risorse alla pittura, specialmente in ordine all'armonia dei colori, che tanto Leonardo da Vinci invocava; oltre all'aver dato ai naturalisti un termine fisso di confronto nelle descrizioni, coll'offrire nello sviluppamento dei suoi colori stessi gli accidenti che la natura nei suoi tre regni presenta; l'ha condotta egli stesso a tal perfezione, che i suoi medaglioni a disegno sorprendono ed incantano per la vivacità e soavità delle tinte, e per la geometrica disposizione delle frange e degli anelli, che vi sono durabilmente impressi. Nè l'arte, per nostra buona ventura, è andata perduta, giacchè il nostro savio e buon Leopoldo, che fece questo prezioso dono alla Toscana, ha in mano dei saggi ben sufficienti, eseguiti dal cav. Antinori, vero e degno amico del defunto inventore, e che ebbe dal Principe stesso il segreto, di che fu dagli eredi riconoscenti fatto depositario.

Ecco adunque come l'elettricità dipingendosi sui metalli lascia le tracce sensibili della sua intensità, e del suo andamento, e come ci guida luminosamente a penetrare non che altro nell'interno meccanismo dell'apparato elettro-motore. Troppo sarebbe il voler qui annoverare le belle conseguenze, a cui la stupenda scoperta condusse il suo autore relativamente al modo onde si operano le chimiche scomposizioni; alla diversa polarità che sotto alla medesima azione acquistano i metalli; alla conduttricità dei liquidi; ai fenomeni delle pile secondarie del Ricter, le quali, sostituendo in più strettoi di molti compartimenti delle membrane animali alle lamine metalliche, vengono a dirittura imitate (1). Le apparenze elettro-chimiche hanno mostrato evidentemente che in qualunque combinazione di correnti disuguali, la corrente più gagliarda circola in parte colla corrente più debole, ed in parte circola da sè, e che quest'ultima parte non è che l'eccesso della prima sulla seconda. Dimostrarono inoltre (come il galvanometro, e nei casi ove esso non si presta) che nei conduttori uniformi le correnti posseggono la stessa forza elettro-dinamica, e la stessa forza chimica in ciascun di quei punti speciali, ove la corrente

(1) Consistono esse in una pila formata di un numero qualunque di dischi di rame alternati con dischi di cartone bagnati; la quale non si carica da per sè, ma facendone congiungere le estremità coi due poli di una pila montata nel modo ordinario. — Avea già il Volta osservato che, congiungendo i poli di una pila mediante una striscia di carta bagnata con acqua pura, ciascuna delle due metà di questa striscia acquistava l'elettricismo del polo respettivo ond'era a contatto. Questa proprietà de' conduttori imperfetti diè origine alle pile ritterane.

passa dal metallo all' umido: che l' elettricismo nel passaggio dai conduttori umidi ai conduttori metallici, e reciprocamente, *correndo dove può più facilmente scaricarsi*, scavalca i tramezzi, anzichè penetrarli, ad onta che trovandosi in corrente, potrebbe, a differenza dell' elettricità di tensione, scorrere nell' interno dei conduttori. Di qui egli venne nella sagacità del suo ingegno a veder meglio il magistero intimo della pila nelle chimiche scomposizioni, e poscia la ragione dell' efficacia del doppio rame negli elementi alla Wollaston. Ed ecco come. Il fatto che tutti sappiamo si è che l' ossigeno si sviluppa sullo zinco, e l' idrogeno sul rame. Ora per ispiegarlo il Nobili seguiva l' opinione che la forza elettro-motrice esista là dove lo zinco soffre l' azione del liquido, e distingueva secondo il consueto gli elementi dei corpi in elettro-negativi, ed elettro-positivi; nè già tali per origine, ma sibbene per una tendenza loro ad elettrizzarsi a quel modo quando si mettono l'uno in presenza dell' altro: alla qual tendenza se essi si troveranno comecchessia in circostanze favorevoli, sempre ubbidiranno. Quindi pensava che l' azione chimica dia origine alla *tensione* elettrica; e che questa polarizzi le molecole del liquido e determini la corrente, e che il distacco dello strato di zinco ossidato, e dell' idrogene, necessario alla riproduzione del fenomeno, venga operato dalla *ripulsione che hanno tra loro le parti successive di una medesima corrente*. Questa ripulsione infatti è gagliardissima ad ogni passaggio della corrente da un conduttore ad un altro: e ne abbiamo una prova luminosa dai fori prodotti da una scarica elettrica attraverso di un mazzo di carte: negli estremi si vede una lacerazione, mentre quelli del centro sono appena visibili. Tale è il caso dei due strati d'acqua che circondano lo zinco e il rame, i quali sono gli estremi del conduttore umido; e sopra questi si riscontra quasi tutto lo sforzo repulsivo della corrente. Le particelle dell' acqua sono, (ei per tanto diceva) già tutte rivolte coll' ossigeno dal lato dello zinco, e coll' idrogeno dal lato del reame per la polarizzazione della prima particella che s'estende per *influenza*, per *attuazione* a tutte le altre. Non resta che alla ripulsione d'operare il suo effetto laceratore, di sconnettere l'architettura delle particelle estreme; e se non al primo sbocco di corrente, almeno nei successivi, che si tengon dietro con una rapidità immensa, compiere la rottura totale dell'edifizio atomistico sopra amendue le estremità dell'arco voltaico, disposto a ricevere l'una l'ossigeno e l' altra l' idrogeno, separati nel modo indicato dalla os-

Digitized by Google

servazione. — Se dunque (ei continuava per ispiegar l'efficacia del doppio rame) v' ha difficoltà di passaggio di elettricità dai metalli ai liquidi, si genera con questo intoppo una tensione, per cui dell'elettricità in circolo ve ne ha sempre una porzione stagnante. Ora per ridurre al minimo questa porzione non resta altro compenso che di lasciare fra il rame e lo zinco il solo liquido necessario all' eccitamento, o meglio di raddoppiare d'intorno allo zinco la lamina di rame. Così, poichè sullo zinco per l' azione del liquido resta sempre dell'elettricità accumulata, raddoppiando intorno ad esso la superficie del rame, si otterrà una dose maggiore di elettricità in circolazione. Non si tratta dunque con ciò di svolgere maggior dose di elettricità; ve n' ha dell' eccitata anche di troppo intorno allo zinco dall' azione del liquido; ma solo di riparare al difetto di conducibilità dal liquido al rame, col raddoppiare le vie conduttrici intorno al luogo della elettro-mozione, onde possa la corrente elettrica più presto, e il meglio possibile, a questa sua continua sorgente di disequilibrio ritornare. Rinunziava perciò alla spiegazione del Marianini secondo il quale, seguace dell'ipotesi del contatto, converrebbe raddoppiare il rame piuttosto che lo zinco, sol perchè questo tende a diffondere ed isparpagliare la propria elettricità nel liquido più che non tenda quello a concentrarla sopra di sè. E tanto più era indotto a rifiutarvisi in quantochè vedea smentita una tal differenza di diffusione nei due sottoposti punti di partenza e di arrivo della corrente, dalla uniformità delle esplorazioni galvanometriche ed elettro-chimiche, e dalle condizioni perfettamente simmetriche del rame e dello zinco, che nella dottrina voltiana sono fondamentali, e che per sè medesime dovrebbero far riguardare siccome egualmente efficace il raddoppiamento dell' uno e dell' altro metallo (2). In vista pur dell' aumento delle vie conduttrici, e dietro il canone che l'elettricità affluisce agli spigoli, il Nobili proponendo delle pile *a giorno*; e la maggiore efficacia degli elementi vergini, per una maggiore azione del liquido sullo zinco, per una tensione corrispondentemente maggiore, interpretando, finiva. . . . . E fosse egli pure stato in tempo a compiere un suo trattato in grande dell' apparato elettromotore! fosse egli stato in tempo ad eseguir tanti bei lavori che sulla galvanometria, sull'acustica e sulla polarizzazione della luce preparava! fosse egli stato in tempo. . . .!

(2) Vedi la Memoria (ultima) su l' andamento e gli effetti delle correnti elettriche dentro le masse conduttrici del cav. Nobili. Fir. 1835.

METALLURGIA ELETTRO-CHIMICA DI BECQUEREL.

L'impiego fatto dal Becquerel delle deboli correnti elettriche alla separazione dei metalli nelle miniere è una delle più belle applicazioni che vanti la scienza. E per darne un' idea prendiamo ad esempio il minerale d' argento. L' argento ora trovasi allo stato metallico, ora combinato col cloro, collo zolfo, coll'arsenico, coll' antimonio, col rame, col ferro, ec., e poi mescolato con diverse sostanze silicee, calcari od altre. S'incomincia, come nell' amalgamazione, dal far subire al minerale una preparazione preliminare, impiegando diversi metodi dipendenti dalla di lui natura e dalle risorse che in fatto di prodotti chimici offre il paese; indi si fa passare una corrente elettrica nella massa minerale convenientemente disposta ed umettata. Questa corrente s' impadronisce dell' argento che tras orta su corpi non ossidabili ove si raccoglie allo stato di polvere, cristallina o lamellare secondo la intensità dell' azione decomponente; mentre i principj acidi, o che come tali si comportano, cacciati in un'altra direzione, son trasportati in un luogo particolare ove contribuiscono anch'essi all'azion generale. Per produrre questa corrente non è già mestieri di mettere in opera apparecchi complicati o dispendiosi, ma bastano ancora alcune lamine di ferro messe in una posizione da potere essere rapidamente alterate.

Allorchè nelle preparazioni minerali s' interrompe l'elettricismo, si forza, presentandogli certi ostacoli, a impossessarsi dell' argento, cui trasporta al di fuori, e ad abbandonar gli altri metalli coi quali è combinato. Si è giunti così a separar l' argento dal rame, operazione lunga e dispendiosa in metallurgia, e che esige un enorme consumo di combustibile. Tutte le operazioni accennate hanno luogo in silenzio, e con una sorprendente rapidità; conciossiachè gli effetti si manifestano in tutta la loro magnificenza tostochè gli apparecchi principian la loro funzione. I primi saggi sono stati fatti sopra piccolissime quantità di minerale, poscia su qualche centinaio di chilogrammi, ed ultimamente, pur con pieno successo, su molte migliaia di chilogrammi.

I minatori, ed anco gli uomini illuminati che han fatto un lungo soggiorno nel nuovo mondo, credon tuttora che l'argento apparisca naturalmente come un vegetabile nei luoghi ove non ne esisteva veruna traccia. Ma se essi rendessero conto a sè medesimi delle trasformazioni successive che certi minerali metal-

Google

liferi provano per parte dell'influenza atmosferica e del contatto degli scogli che gli circondano, non tarderebbero molto a riconoscer la causa dei loro errori (1).

Il Becquerel medesimo sottoponendo certe mescolanze a deboli, lente e continue correnti elettriche, sviluppate per es. in un tubo fatto a U, contenente da una parte un acido, dall'altra un alcali e in mezzo argilla bagnata, ha potuto far sì che venendo le molecole ad una ad una a reciproco contatto, e atteggiandosi a loro bell'agio secondo le leggi della cristallizzazione, ne risultassero delle combinazioni e dei composti che hanno la sola natura per archetipo. Con ciò egli ha aperta la vera strada al geologo per ispiegar la maniera, onde prodotti e formati si sono que' cristalli d'ogni maniera, di che abonda la superficie del globo terrestre.

La potenza elettrica infine domina in tutta la natura, sulla terra e negli spazi celesti; talchè lo studio profondo di questa può servir di legame comune fra tutte le scienze fisiche, ed introdurre in una folla di fenomeni, su i quali le passate investigazioni non hanno sparso fin qui veruna luce.

(1) Feuilleton du Tems, 3 Mai 1838.

ARTICOLO II.

ELETTRO-MAGNETISMO.

L'Ampère, per eseguire le sperienze della sua elettrodinamica, costrusse un apparecchio a cui dette il nome di *tavolino elettrodinamico*. Ma per la sua complicanza, e pel suo costo si vedeva quest' istrumento in ben poche scuole d' Italia. Penetrato il Nobili dall' importanza di rendere anche fra noi positivo in via di fatto quel nuovo ramo di scienza, compose un astuccio elettro-magnetico di tanti pezzi separati, coi quali ad una ad una le principali esperienze di questo genere si potessero ripetere colla massima facilità. Noi qui ci contenteremo, per non uscire dai limiti dell' autore, a indicarne soli due o tre pezzi, che servono a verificare i fatti fondamentali dell' elettrodinamica, e dell'elettro-magnetismo.

E primieramente vogliasi verificare il caso più semplice di due correnti parallele, che si attraggono, o si respingono, secondochè vanno nel medesimo senso, o in senso contrario. L'apparecchio consiste (*fig.* 1) in una squadra d'ottone fissata stabilmente ad uno zoccolo di legno, in cui sono scavate tre vaschette *P*, *Q*, *N*. Questa base porta poi una specie di ventola *V*, intorno a cui gira un filo di rame coperto di seta, il quale termina da una parte nella vaschetta *Q*, e dall'altra termina in *N*. Si colloca dentro la coppa della squadra la punta superiore del conduttor mobile *Z*, *Z*, che è una doppia squadra di filo sottile di ottone, e si alza la ventola fino all'altezza del ramo verticale di questo conduttore, affine di mettere in presenza siffatto ramo coll' uno o l' altro fianco della ventola. Ciò fatto si compiono le comunicazioni, versando del mercurio nella coppa della squadra, e nelle tre vaschette *P*, *Q*, *N*, e mettendo i fili congiuntivi di una piccola pila (che può essere di un solo elemento alla Wollaston di 20 a 24 pollici di superficie), l'uno nella vasca *P*, e l'altro nella vasca *N*. Il mer-

curio che si versa in *Z*, deve arrivare appena alla punta inferiore del conduttore mobile *Z Z*, per conservare a questo tutta la sua mobilità, il quale è attratto o respinto dal filo della ventola secondo che le correnti in presenza vanno dalla stessa parte, o per contrario. E qui si osservi come queste attrazioni e repulsioni differiscono essenzialmente da quelle prodotte dalla elettricità in riposo, dall'elettricità statica o di tensione. Nell'elettricismo ordinario gli elettrecismi di nome opposto si attraggono, e quelli dello stesso nome si respingono. Nelle correnti elettriche accade il contrario: c'è attrazione, ripeto, fra quelle che vanno nel medesimo senso, e repulsione fra quelle che vanno in senso contrario. Inoltre, se due fili conduttori sono attratti, restano attaccati finchè dura la corrente elettrica; mentre nell'elettricismo ordinario la repulsione succede prontamente all'attrazione: e si può aggiungere ancora che gli effetti delle correnti elettriche hanno luogo nel vuoto, come nell'aria; mentre l'elettricismo ordinario nel vuoto si dissipa. Ma nel magnetismo sappiamo che i poli omonomi si respingono, i poli eteronomi si attraggono, e per questo i primi son detti poli nemici, e poli amici i secondi.

Verifichiamo prima con semplici apparecchi, citati anco dall'autore, l'identità del fluido elettrico, col fluido magnetico, e vedremo poi come quest'attrazioni magnetiche concordano con le leggi elettrodinamiche dell'Ampère. Cominciamo dal cilindro galleggiante rappresentato dalla figura 2. Quest'apparecchio si compone di tre parti; la prima è un filo di rame ricoperto di seta, ed avvolto dintorno ad un'anima cilindrica di midollo di sambuco; la seconda un elemento voltaico, formato al solito di una piastrina di rame e d'un'altra di zinco, saldate ciascheduna ad una dei due capi della spirale; la terza un grosso disco di sughero inverniciato, dentro cui passano quelle due estremità. Questa piccola pila si mette in azione dentro di una tazza piena d'acqua acidula e piuttosto grande, affinchè il galleggiante non corra, per la capillarità, alle pareti del vaso. All'atto dell'immersione si determina la corrente voltiana, la quale si parte dal rame e va allo zinco passando per tutti i giri della spirale, e poi ritorna al rame per la via del conduttore umido. Le frecce marcate sul disco di sughero indicano il verso per cui cammina la corrente elettrica nella parte inferiore delle spire: anche sopra le estremità dell'anima di sambuco è contrassegnato con frecce il corso della medesima corrente. Questa corrente trasforma quella spirale cilindrica, che l'Ampère chiamava *so-*

lenoide, in una calamita, che ha il suo polo *nord* dalla parte *N*, e il polo *sud* dall'opposta *S* (1).

L'anello galleggiante di De la Rive (*fig.* 3) non differisce dal precedente apparecchio, se non che il filo metallico ricoperto di seta invece d'essere avvolto sopra d'un'anima cilindrica, è avvoltolato più volte sopra sè stesso in guisa da formare un anello d'un pollice all'incirca di diametro. Questo galleggiante messo nell'acqua acidula si mostra polarizzato come la spirale cilindrica suddetta. Ma questi due galleggianti non essendo, per la grande resistenza che soffrono nel conduttore umido, abbastanza mobili da mettersi, prontamente nel meridiano magnetico, il Nobili formò un grande anello di tre pollici di diametro (*fig.* 4), che supplisce a questo difetto quando si attacca ad un sottil filo di seta, e si sospende per modo, che il suo elemento voltaico peschi liberamente nell'acqua acidula. Questo modo di sospensione congiunto alla grandezza dell'anello fa sì che tutto il sistema obbedisca immediatamente all'azione del magnetismo terrestre. Le condizioni del suo equilibrio sono due: l'una che l'asse dell'anello cada nel meridiano magnetico; l'altra che la corrente vada dall'oriente all'occidente nella parte inferiore dell'anello. Presentando ad uno dei 4 descritti apparecchi, specialmente al primo e all'ultimo, un polo di una sbarra magnetica, vi sarà attrazione, e presentando l'altro polo, avrà luogo la repulsione, come avviene fra correnti e correnti voltaiche, fra magnetismo e magnetismo ordinario. Questi fatti, uniti ad un gran numero di altri egualmente incontrastabili, fecero concludere specialmente all'Ampère, che i fenomeni magnetici fossero dovuti all'azione di correnti elettriche, le quali circolassero naturalmente nelle calamite, e intorno alla terra, come nel cilindro della figura 2. Ecco, secondo una tale ipotesi, nella figura 5, un modello dell'irraggiamento magnetico, che si rileva in parte anco dalla distribuzione della limatura di ferro intorno ad un cilindro calamitato, che in esso si avvolga. Il corpo di questo pezzo rappresenta appunto un cilindro calamitato smussato negli spigoli. Le frecce che vi si trovano dintorno, indicano la direzione delle correnti circolari, che si suppongono esistere dentro le calamite

(1) Nè solamente appellò l'Ampère *solenoide* un filo metallico ricoperto di seta e avvolto in spire contigue intorno ad un cilindro, ma ogni sistema eziandio di correnti chiuse eguali ed equidistanti, i piani delle quali sieno perpendicolari ad una linea data qualunque, *retta* o *curva* che passa pei loro centri. Questa linea fu detta l'*asse* della solenoide.

Digitized by Google

in grazia della perfetta analogia che passa, come abbiamo veduto, fra il magnetismo elettrico ed il magnetismo ordinario. I raggi e le curve piantate sul contorno del cilindro *SN* rappresentano l'immagine dell'irraggiamento magnetico. Ogni raggio, sia diritto, sia curvo, acquista dal fusto principale quel magnetismo, che è indicato dalla direzione delle frecce segnate intorno a ciascheduno di essi. Con questo modello in mano è cosa facilissima di prevedere tutte le vicende magnetiche, ed elettro-magnetiche. Vediamo dunque che cosa avviene nel fatto principale delle attrazioni dei poli eteronomi, e della repulsione dei poli omonomi. Supponiamo un cilindro diviso in una infinità di sezioni perpendicolari al suo asse, in ciascuna delle quali la corrente magnetica (ora dimostrata elettrica) circola come in ciascuna spira del descritto cilindro galleggiante del De la Rive. Si prendano, per es., le due estreme sezioni e sieno rappresentate dai due dischi di cartone (*fig.* 6) sui quali per via di frecce è segnato il corso delle correnti nella faccia nord e nella faccia sud, dell'uno e dell'altro. Presentiamo la faccia nord dell'uno alla faccia nord dell'altro, o la faccia sud dell'uno alla faccia sud dell'altro; vediamo e leggiamo nella direzione delle frecce che le correnti vanno in senso contrario; dunque vi deve esser repulsione; ecco dunque perchè due aghi calamitati voltati l'uno all'altro pei poli dello stesso nome si debbono respingere. Presentiamo ora la faccia nord dell'uno alla faccia sud dell'altro, e vedremo che le frecce ci additano che le correnti in questo caso vanno nello stesso senso, dunque vi deve esser attrazione; ed ecco perchè i due aghi voltati l'uno all'altro pei poli di nome diverso si debbono attrarre. Dunque si respingono i poli omonimi perchè la corrente dell'uno è contraria a quella dell'altro, e si attraggono i poli eteronomi, perchè la corrente dell'uno è nello stesso senso di quella dell'altro (1). Per rendere materiale l'idea del raggiamento magnetico basta spargere della limatura di ferro sopra di una carta o di un vetro, e gentilmente scuotere il foglio o la lastra al di sopra di una calamita. Per render memorabile la direzione della corrente secondo i diversi poli, basta ritenere che il senso del giro della lancetta di un orivolo indica la direzione della corrente nel polo australe di una ca-

(1) Il senso di queste correnti si distingue con molta proprietà coi vocaboli *dextrorsum* e *sinistrorsum*; e di più, per una *spirale dextrorsum* s'intende che il senso della medesima sia dal basso in alto, e reciprocamente.

lamita (1). La terra agisce come una grande calamita e l'influenza dei di lei poli sopra di un ago calamitato si spiega cogli stessi principj e nella stessissima maniera, con cui abbiam veduto operar sull'altra due ordinarie calamite.

Niun istrumento poi rappresenta il magnetismo terrestre meglio di una palla sferoidale di legno vestita tutta all'intorno di un filo metallico, il quale faccia i suoi giri nella direzione dei paralleli, e comunichi al solito coi suoi capi alle estremità *zinco* e *rame* di un apparato voltiano. Reca veramente piacere l'osservare come bene su questa palla un ago magnetico, bilicatovi sopra a piccolissima distanza, si diriga ai poli, e come esso tenda fortemente ad inclinarsi verso la superficie tosto che passa dalle zone equatoriali alle polari. La corrente o rovescia l'ago, o non lo muove punto; lo rovescia se la corrente introdotta sulle spire marcia dalla parte superiore del globo, dall'occidente in oriente; lo lascia in vece nel suo posto se la corrente ha l'altra direzione all'oriente in occidente. Ad ogni modo facendo girare il globo sopra di una cerniera, si vede l'ago abbandonare, come dissi, la posizione orizzontale, ed inclinarsi verso la superficie, come fanno gli aghi d'inclinazione, nel passare dall'equatore magnetico ai due poli l'australe ed il boreale. È questo uno di quegli istrumenti, dice il Nobili (il quale l'ideò e lo eseguì fin dal 1822), che parlano in pari tempo all'occhio ed allo spirito. Inviterei, soggiungea, tutti i fisici a formarsene uno, se non altro, per uso delle persone meno istruite.

Nè io qui posso in alcun modo tralasciare la graziosa esperienza del Molinello di Barlow, che è una di quelle che veramente meritano d'esser proposte ai giovani come problema nella loro spiegazione. Io, prima di svilupparla completamente, soglio lasciar fare parecchi tentativi agli alunni, somministrando loro peraltro qualche dato diretto, e guidandoli per via di analoghe figure le quali colle loro frecce presentino all'occhio il gioco delle correnti nel conflitto elettro-magnetico. Propongo anche un piccolo premio; e trovo difatto che la soluzione di questo problema serve ai migliori di stimolo e di fecondo germe di progresso in questa scienza. Suol nascere in essi un'ardente brama di vedere in tutti i loro dettagli i fenomeni di tal genere; e questo è tutto, cred'io, per un ingegno più che mediocre,

(1) In generale, supposto l'osservatore situato nelle correnti col dorso rivolto al loro asse, e in modo che abbia i piedi a levante e la testa a ponente, egli avrà sempre il polo australe alla diritta e il boreale alla sinistra.

Google

ed avviato. La macchinetta del fisico inglese (*fig.* 7) è composta di due parti, e di un appendice. Le parti sono, primo, uno zoccoletto quadrangolare di legno, che ha due incavi l'uno in forma di coppa, e l'altro in forma di vaschetta; secondo, una rotella di ottone mobile in mezzo alle branche di una doppia squadra, che la sostiene sopra la vaschetta. L'appendice consiste in una piccola calamita a ferro di cavallo montata essa pure sopra di uno zoccoletto. Si riempie di mercurio la vaschetta sino all'altezza della rotella che il mercurio deve toccare appena. Si riempie d'altro mercurio il secondo incavo dove è fissato il piede della doppia squadra. Poscia si presenta l'appendice alla rotella in modo che quest' ultima possa liberamente girare fra le braccia delle due calamite. Queste braccia debbono passare un poco al di là del luogo in cui la rotella comunica col mercurio. Disposto così l' apparecchio non resta che metter la rotella nel circuito voltiano col far passare uno dei fili congiuntivi nella coppa, e l'altro nella vaschetta. All' atto di quest' ultima operazione la rotella incomincia a girare per un verso o per l'altro, secondo la direzione della corrente.

Non farò alcuna parola della distinzione delle correnti generali intorno a tutta la massa delle calamite, e delle correnti particolari intorno a ciascuna molecola; non mi tratterrò a dimostrare come una calamita possa riguardarsi come un fascio di piccoli aghi, ec.; aggiungerò solo la bella applicazione che fece lo stesso Barlow del fatto osservato la prima volta dal prof. Gazzeri, cioè che due aghi voltati pei poli dello stesso nome non si respingevano qualora fra l' uno e l' altro si interponesse una laminetta di ferro per quantunque sottile che ella fosse. Si servì tosto il Barlow di una di queste laminette per sottrarre la bussola dei bastimenti all' influenza del ferro che trovasi nei medesimi. Segnata la linea di attrazione del ferro del bastimento, situò su di essa una laminetta circolare di ferro, e sopra di questa fè sorgere il pernio portatore dell' ago magnetico, il quale reso così indipendente dal ferro del bastimento, obbediva unicamente all' azione del magnetismo terrestre.

Finalmente Moll Henry, Vebster, Harchet nel 1828, discoprirono il magnetismo *temporario*, cioè la fugace ma potente magnetizzazione delle sbarre o cilindri di ferro dolce rinchiusi entro spirali elettrodinamiche. Una superficie di zinco di 5 piedi quadrati svolge una corrente magnetica capace di sollevare un peso di 2000 libbre. Di qui il pensiero di farne

un motore meccanico. Intorno a che si occupò felicemente primo di tutti il prof. del Negro in Padova, e quindi il prof. Botto a Turino, il quale immaginò una macchinetta semplice che bramerei si trovasse in ogni scolastico gabinetto, perchè *obbliga*, dirò così, l'occhio dei giovani a tener dietro all'andamento delle correnti, e a riflettere con ordine al giuoco delle alterne attrazioni e repulsioni del magnetismo permanente in lotta col magnetismo temporario, eccitato da una o più pile voltiane; attrazioni e repulsioni che fanno agire un bilanciere e quindi un volano motore di tutto il rimanente del meccanismo. Una delle più graziose applicazioni che siensi fatte in questo genere mi sembra il telegrafo elettrico del prof. Morse americano. L'Antinori nel R. Museo ne ha fatto eseguire un modello, di cui darò qui una succinta idea.

Sopra un castello da oriuolo, con rotismo a pendolo, è stato adattato un cilindro di legno che gira intorno al suo asse durante la carica del castello: su di questo cilindro si avvolge una striscia di carta la quale scorre compressa da due nastri che la tengono in guida finchè tutta venga a svolgersi, calando nella parte inferiore del sistema. Scrive sulla striscia di carta una penna metallica mossa da una leva di ottone che termina fissata sull'*ancora* (1) di una piccola calamita temporaria a ferro da cavallo posta verticalmente, a poca distanza dal cilindro che porta la carta: una molla raccomandata ad un telaio tiene la detta *ancora* alquanto discosta dai poli della calamita. Quando la corrente elettrica, smossa da un solo elemento voltaico, magnetizza temporariamente la calamita, allora l'*ancora* attratta dai poli si abbassa e con essa si abbassa anco la leva e la penna che formano tutto un sistema; se la corrente s'interrompe cessa l'azione magnetica della calamita, e l'ancora obbedisce alla molla, si rialza e seco porta la leva e la penna, ed in questo alzarsi ed abbassarsi dell'ancora, e quindi della penna, consiste l'artificio della scrittura, la quale si compone di punti e linee che servono a formare tutto quell'alfabeto di convenzione che si vuol stabilire tra i due lontani corrispondenti; poichè a cagione d'esempio l'*a* può essere rappresentata da un punto, il *b* da due punti, il *c* da tre, il *d* da quattro, l'*e* da un punto ed una piccola linea, l'*f* da una linea e da un punto, il *g* da due punti ed una linea, e così di seguito. La

(1) L'ancora è quel pezzo di ferro dolce che suol aderire ai poli d'una calamita, e al quale si attaccano i pesi che ella può sostenere.

persona che vuol far scrivere la penna telegrafica, tiene davanti a sè un elemento a forza costante di cui la corrente percorre un lunghissimo filo di rame, fasciato al solito di seta, che magnetizza la calamita e forma tutto il circuito telegrafico; un capo di questo filo sta fisso ad un polo dell'elemento, e l'altro capo viene ora posto a contatto ora staccato dall' altro polo, ad intervalli più o meno lunghi dalla persona scrivente, la quale può a suo talento far segnare alla penna dei tratti più o meno brevi: se le interruzioni sono frequentissime e quasi istantanee, la penna segna dei punti, se sono più lente, delle linee.

Questo circuito è stato sperimentato efficace anco per la lunghezza di dieci miglia inglesi.

Digitized by Google

ARTICOLO III.

MAGNETO-ELETTRICISMO.

Lessero nel giornale del Tempo il Nobili e l'Antinori il puro cenno, che dava il Faraday della sua grande scoperta dell' elettricità per influenza sviluppata in un filo vergine da un altro percorso dalla corrente voltaica; l' ingegno di quei fisici si riscosse, analizzò ed inventò. La calamita dopo tanti secoli diè nelle loro mani, e sotto gli auspici di Leopoldo II, la prima scintilla; la più stupenda e capitale scoperta onde possa andare superba la nostra età. Debole la forza dello spirito mio ella è invero; nondimeno allorchè il mio amato maestro Giorgi me la comunicò per lettera, posso dir che la commozione che me provai fu *immensa, ineffabile*; conciossiachè la fratellanza dei quattro imponderabili per mezzo di questo fatto già pressochè suggellata allora mi compariva. Riprendiamo pertanto il fatto originale del Faraday, per tener dietro poi alla sua straordinaria e quasi istantanea fecondità. Nessuna scoperta ha mai potuto, subito dopo il suo nascere, così rapidamente svilupparsi, e giungere al suo quasi più completo ed elevato perfezionamento.

Se, come fecero i due lodati fisici al Museo di Firenze, e prima in Londra il Faraday, si avvicina parallelamente ad un filo percorso dalla corrente di una pila un altro filo allo stato naturale, e comunicante col galvanometro (1), in quel momento l'ago magnetico devia, ed all' istante retrocede per tornare allo stato suo primitivo; e all' atto di slontanare l' uno dall' altro i due fili, l' ago devia nuovamente, ma in un senso contrario al primo, e questa nuova corrente indotta, ossia per influenza eccitata, siccome la prima, non dura essa pure che un solo istante. Tenendo conto delle due proprietà di queste

(1) Il galvanometro fu reso astatico per mezzo del doppio ago dal Nobili: anzi tali e tanti sono stati i perfezionamenti che vi ha portati per renderlo veramente sensibile e comparabile, che può questo riguardarsi come uno strumento che quasi del tutto gli appartenga.

Google

nuove correnti, cioè della fugacità e della inversione, e ricordandoci, che le correnti che vanno nello stesso senso si attraggono, e quelle che vanno in senso contrario si respingono, possiamo nella seguente tabella col Nobili e coll'Antinori epilogar le vicende del fenomeno già descritto, le quali in tutti gli altri dello stesso genere si rinnovano.

1.° Legge di comparsa	Corrente prodotta contraria alla produttrice.	Repulsione fra i due sistemi.
2.° Legge di presenza	Nessuno effetto.	
3.° Legge di scomparsa	Corrente riprodotta contraria alla prodotta nel senso della produttrice.	Attrazione fra i due sistemi.

Ma tali correnti riescono poco sensibili sopra di un semplice filo influenzato da una corrente voltaica: per farle comparire in tutta la loro evidenza ed energia, possiamo, come essi facevano, servirci di due rettangoli o quadrati moltiplicatori, che altro non sono che telai di legno, intorno a ciascun dei quali un filo di rame coperto di seta fa circa un centinaio di giri. Uno di questi quadrati comunica col galvanometro, l'altro colla sorgente voltaica, che può consistere in un solo elemento alla Wollaston di 20 a 24 pollici di superficie. Posti ambidue sullo stesso piano con due dei loro lati in faccia e paralleli, nell'avvicinarli e nello slontanarli le due opposte correnti distintissimamente si manifestano. E se si sovrappongono in seguito i due quadrati, l'effetto vien quadruplicato. Questa si chiamerà induzione elettro-dinamica, ossia delle correnti sulle correnti.

Anco le calamite hanno la facoltà d'indurre o svolgere delle correnti sopra i fili metallici; e questa facoltà si dirà induzione magneto-elettrica.

Abbiasi pertanto un tubo di vetro o di cartone, intorno a cui si avvolge a più ordini un filo di rame vestito al solito di seta, e comunicante coi suoi due capi col galvanometro. Se si introduce nel tubo una sbarra calamitata, l'ago annunzia una corrente in senso opposto a quella, che si suppone incessantemente circolare in ogni calamita; questa corrente subito cessa, e finchè la sbarra si tien là dentro l'indice del galvanometro resta in quiete. Si estragga poi bruscamente la sbarra, e tosto si avrà un'altra momentanea corrente contraria alla prima.

Digitized by Google

L'induzione magneto-elettrica segue dunque le stesse leggi dell' induzione elettro-dinamica. La terra col suo magnetismo, spesso importuno, induce sulle spirali le stesse correnti, che dal magnetismo ordinario vengono sopra di esse direttamente determinate. Uno dei metodi più semplici per farne un convincente esperimento è il seguente. Si formi un grande, e piuttosto grosso anello o matassa del solito filo di rame coperto di seta, e le sue libere estremità si congiungano coi fili del galvanometro. Ora, se la matassa, che supponiamo in piano, rapidamente si alza voltandola a tramontana verticalmente, o coll' asse parallelo all' ago d' inclinazione, risentirà l' influenza del magnetismo terrestre, e l' ago magnetico si vedrà deviare di molti gradi, e tornar tosto a riprendere la sua posizion d' equilibrio; e vi si manterrà fintantochè, rovesciando la spirale, o sottraendola dall' azione del magnetismo terrestre, egli non sarà forzato a deviare in senso opposto dalla corrente sull' anello riprodotta. Impiegando grandissime spirali, e potendo riuscire a dare alla gran mole la rapidità del movimento in questo genere di sperienze sempre necessaria, chi sa che non potesse per avventura aversi dal solo magnetismo terrestre la luce elettrica? E tanto è più lusinghiera per me una tale idea, in quantochè, avendo l'Antinori, agli ultimi del mese di Aprile dell' anno scorso, fatti varii esperimenti con questo oggetto, *ottenne dal puro magnetismo terrestre la decomposizione dell' acqua.* Allora non ebbe il menomo indizio di luce; ma neppur egli dispera che adoprando nuovi artifizi, non possa un giorno ottenersi. Intanto non è certo da disprezzarsi il fatto da lui ottenuto con la grande spirale di quel R. Museo. Ma non solo i fili; qualunque massa metallica messa in moto in faccia alle correnti voltaiche e alle calamite d' ogni maniera (e reciprocamente), o esposta come conviene all' azione del magnetismo terrestre, divien sede di correnti d' induzione. Le masse metalliche rotanti possono essere o dischi, o armille, o sfere; e in tali sistemi può distinguersi una combinazione verticale, e una combinazione parallela, relativamente alla direzione della corrente induttrice, e a quella del moto di rotazione. Noi ci limiteremo all'esempio più facile e fondamentale nel tempo stesso, secondo le vedute di Faraday, di Ampère e del Nobili, in linea di fatto concordi, ma sotto alcuni punti di teorica spiegazione tanto o quanto discrepanti. L' esempio nostro si è quello di un disco di rame *OE* (*fig.* 11) orizzontale, rotante al di sotto di una calamita sospesa perpendicolarmente a piccola distanza

Digitized by Google

da esso, e cui ella guardi, per es., col polo settentrionale. I reofori, o fili del galvanometro, si portino a far l'uffizio di scandagli sul disco che supponiamo intanto girare nel senso delle frecce *RR'*: applichiamoli prima in *nnn*, che sono le parti che *entrano* sotto l'influenza del polo, e avremo al galvanometro una corrente istantanea: applichiamoli in seguito in *n'n'n'*, che sono le parti che *escono* dall'influenza della sovrastante calamita, e avremo un'altra corrente istantanea, e contraria alla prima. Queste correnti, come sono eccitate sopra una materia perfettamente conduttrice, si propagano a guisa della scarica di una pila dall'una e dall'altra parte egualmente, abbracciando tutta la superficie del disco, e compiendo verso il centro *C*, e la regione *N* quei circuiti, che si veggono approssimativamente indicati dalle linee punteggiate. Facendo girare il disco in senso opposto, vedremo invertito pure il corso delle due contrarie ed istantanee correnti indotte dalla calamita superiore, che semina, per così dire, nelle diverse regioni del disco il suo magnetismo. Gli stessi fenomeni si rinnovano sostituendo alla sbarra magnetica una spirale percorsa dalla corrente voltaica. Dunque mentre alla calamita o alla spirale elettro-dinamica si avvicina un conduttore qualunque, si produce su questo per influenza una corrente elettrica istantanea contraria a quella della calamita, o dell'elica, donde risulta, ripetiamolo pure, un'azione ripulsiva tra questi due corpi; e per l'opposto se dalla calamita o dall'elica si allontana il conduttore, la corrente per influenza si rovescia, acquista la direzione di quella della calamita o dell'elica, e vi è attrazione fra i due corpi. Dunque nel fatto capitale di Arago la calamita o l'elica esercita ad un tempo repulsione coi punti *nnn*, per es., del disco, che se le appressano, e attrazione con quelli che da lei si allontanano come sarebbero *n'n'n'*; e queste due azioni tendono l'una e l'altra a far seguire all'ago, o all'elica il movimento del disco.

Finchè il disco medesimo si trova situato nel meridiano magnetico, e rota in un piano orizzontale, la sola sua rotazione, rimossa la calamita o la spirale, non produce effetto alcuno sul galvanometro. Ma inclinandolo di qualche grado al meridiano, incominciano a vedersi dei segni di elettricità sviluppata in esso dal magnetismo terrestre. Questa elettricità va crescendo al crescere dell'angolo d'inclinazione finchè non sia giunto ai 90°, ove l'effetto dell'industria elettrica giunge al suo massimo. In tal modo il *disco rotante è trasformato in una macchina elettrica, che differisce dalla macchina ordi-*

Digitized by Google

naria, perchè mentre questa è di una materia coibentissima, quella è di una materia la più deferente.

Se l' induzione dell' elettricità ordinaria fruttò alla scienza il Condensatore e l' Elettroforo, l' elettricità di contatto la Pila, l' elettro-magnetismo il Galvanometro, e il termo-elettricismo il Termo-moltiplicatore; il magneto-elettricismo di induzione ha partorito in Firenze la Calamita elettrica, divenuta subito uno strumento emulatore non che altro della pila.

Vediamo dunque come i due illustri colleghi ragionando *a priori* tentarono felicemente lo stupendo fenomeno della scintilla magneto-elettrica, che la notizia del Tempo diceva avere ottenuto il Faraday in un caso particolare, che eglino affatto allora ignoravano. Partiron dal fatto che i fili congiuntivi di un elemento alla Wollaston di mediocre dimensione non danno sul mercurio la scintilla, che quando si interrompe il circuito; poichè la corrente che era in giro per ritornare in sè stessa, accumulandosi tutta sul luogo dell' interruzione, acquista tanta tensione da convertirsi in scintilla; e questa tensione nell'aprire il circuito manca. Senonchè, essi proseguivano a ragionare, in tutto il tempo che l' elemento è in azione, la corrente si mantiene sul filo congiuntivo, ed ogni volta che le venga troncato il corso, la scintilla ricomparisce. Ma se l' attività dell' elemento, invece di avere una qualche durata, fosse fugace al pari del lampo, non vi sarebbe per aver la scintilla un momento da perdere, e bisognerebbe cogliere per l' appunto quello dell' esistenza della corrente. Ora le correnti che si sviluppano sulle spirali per opera del magnetismo son fugacissime, e non hanno luogo che all' atto di mettere le calamite in presenza delle spirali medesime, o all' atto di sottrarnele. In uno di questi momenti adunque dovrà aprirsi il circuito delle spirali per tentar l' esperimento della scintilla. Studiata quindi la più efficace e pronta disposizione ad ottenere a piacimento nella spirale le novelle correnti, riconobbero essere quella l' avvolgere la spirale sull' *ancora*: infatti la *forza coercitiva*, la maggiore o minore difficoltà onde i corpi ricevono e perdono il magnetismo che loro si comunica, è massima nell' acciaio, minore nel ferro temperato, debolissima e quasi nulla nel ferro dolce, il quale si calamita, e tosto si scalamita. E perciò abbiamo nella scienza due specie di magnetismo ordinario, il *permanente* dell' acciaio temprato, ed il *fugace* del ferro dolce: dunque l' ancora non ritenendo per sua natura il magnetismo, ma ricevendolo quando aderisce ai poli della calamita, deve, scalamitandosi nello stac-

Digitized by Google

carsi, e ricalamitandosi nell'attacco, indurre ogni volta nella spirale le richieste correnti. Tale si fu effettivamente la disposizione più efficace per coronare i loro tentativi. Eccoli al gran cimento: circondata l'ancora nel suo mezzo di una spirale a molte circonvoluzioni, e portate le estremità di questa spirale a pescar nel mercurio, uno di essi attaccava e staccava bruscamente l'ancora da una calamita a ferro di cavallo, e l'altro simultaneamente ad ogni attacco o distacco sollevava una delle punte dal mercurio, ed ogni volta che riuscivano a cogliere il momento opportuno, scoccava tra la punta e la faccia del mercurio una brillante scintilla!!

La scoperta dunque era fatta: restava ad ottenersi il bel fenomeno a volontà senza il bisogno di agire in due; e dopo vari tentativi e modificazioni l'apparecchio fu costruito. Esso, dice con somma chiarezza Antinori, consiste nella calamita, che fa l'uffizio di conduttore, e serve a tener chiuso il circuito della spirale che la circonda, e di cui uno dei capi comunica direttamente ad una delle briglie metalliche della calamita, mentre termina l'altro in una molla d'acciaio fissata entro un pezzetto di avorio incassato nell'ancora per l'isolamento. Ogni volta che si stacca l'ancora dalla calamita, la molla che ne premeva uno dei poli l'abbandona, ed in questa separazione scocca la viva scintilla tra la molla ed il polo. Per ottenerla poi anche al momento in cui la molla torna ad aderire al suo polo, perchè anche in quel caso si riproduce sulla spirale una corrente di egual forza, basta riattaccare la molla sì bruscamente, che in quell'urto rimbalzando storni alcun poco dal polo: resta allora interrotto di nuovo il circuito, e scocca la seconda scintilla. In poche parole l'ancora è nell'una e nell'altra operazione la causa induttrice della corrente sull'elice la quale comunica per una sua estremità col polo inferiore, e per l'altra colla molla dall'ancora isolata, ma aderente, allorchè è tutto al suo posto, al polo superiore della calamita: questa corrente compirebbe sulla spirale mediante la calamita il suo giro, e ritornerebbe in sè stessa, se la molla nel primo caso staccandosi *subito dopo* dell'ancora, e nel secondo caso *subito dopo* rinculando, non la interrompesse. A questo luogo dell'interruzione la corrente si accumula, ed acquista la necessaria tensione per convertirsi in scintilla.

La fig. 12 rappresenta la più semplice montatura dell'apparecchio. Su di una base rettangolare di legno sorge la calamita a ferro di cavallo fissatavi verticalmente con una staffa metal-

lica per uno dei suoi rami. Lateralmente ad una certa distanza dai poli s' innalza pure una colonna che porta una manovella, a cui può darsi un movimento di va e vieni, e alla cui estremità è attaccata l' ancora di forma parallelepipeda. È visibile il gomitolo o l' elice onde al suo mezzo l' ancora è fasciata, e il modo delle comunicazioni sopra descritte. La molla è portata da un' asta di ottone incastrata sulla base superiore dell'ancora, e come abbiamo avvertito, ne resta isolata per mezzo di un pezzetto d' avorio, che meccanicamente le unisce. Per ingrandire il fenomeno luminoso, e per ottenerne degli altri (quegli specialmente che esigono una certa continuità di corrente piuttosto che la tensione, come per es. le chimiche scomposizioni), il Nobili costruì le *calamite coniugate*. Questo sistema è composto di due calamite pure a ferro di cavallo formate di più sbarre, e fissate verticalmente su di uno stesso piano, una in faccia dell' altra, per la parte dei poli dello stesso nome. L'ancora è raccomandata al solito ad un'asta la quale, per mezzo di un meccanismo di ruote dentate, produce un' moto rapidissimo, e quindi un prontissimo attacco e distacco dell' ancora stessa dall'una e dall'altra parte. E qui pure è bello il vedere invertiti tutti i fenomeni, rovesciando il giro del manubrio. Possono aversi peraltro anche da una sola calamita le chimiche scomposizioni, sol che si mettano i due fili della spirale in comunicazione con due fili di ferro che peschino a piccola distanza entro un po' d'acqua, resa acidula coll' acido solforico: questo è tutto l' apparecchio di decomposizione. Una rana poi, semplicemente impegnata nel circuito della spirale, vivacissimamente si convelle, ogniqualvolta si attacca o si distacca dalla calamita una siffatta armatura. E per ottener noi medesimi la scossa, si mette per via di ganci, un filo in comunicazione con un polo, un altro con l' altro polo: alle estremità libere si attaccano due cilindri metallici, anco vuoti, si danno in mano ad una persona; e mentre altra persona attacca e distacca l' ancora, la prima prova la scossa che specialmente invade le regioni dei polsi. I fili debbon esser lunghi anche perchè cedano nell' operazione, e non si rompano o si stacchino, le calamite elettriche, adunque divenute sono una nuova pila voltaica poderosa.

Pervenuto finalmente l' estratto, e poi l' opera originale del Faraday, si conobbe il processo onde quel fisico diceva di aver ottenuta la scintilla. Prendeva egli un grosso anello di ferro dolce avvolto dentro due spirali, delle quali l' una era destinata a ricevere la corrente d' una pila, per cui doveva

Google

calamitarsi temporariamente il ferro, l'altra le correnti d'influenza sviluppate dall'azione di quel magnetismo temporario, lasciando da una parte e dall'altra un piccolo intervallo nudo. Applicando alle estremità di quest'ultima due punte di carbone, tenute a piccola distanza fra loro, vide il passaggio di una *debole luce elettrica* dall'una all'altra, nell'atto in cui s'incominciava, o si sospendeva l'azione della pila. Per quanto più e più volte fosse dai due mentovati fisici ripetuto questo esperimento, l'esito fu sempre negativo, siccome nelle prove loro anteriori onde ottenere la scintilla a circuito aperto, e le quali sembravano dover essere ancora più favorevoli della disposizione annunziata dal Faraday; disposizione assai diversa da quella della loro calamita elettrica, cui, ad ogni modo, non può contrastarsi la gloria di essere stata la prima a produrre la scintilla.

In seguito il sig. Pixii si servì d'un'altra disposizione, rendendo mobile la calamita invece dell'ancora. La sua calamita dunque non si attacca e distacca dall'ancora; ma invece dell'ancora egli adoperò un ferro dolce, curvato a guisa di un ferro da cavallo, a cui avvolse l'elice, e fece girar la calamita a piccolissima distanza dall'estremità di questo ferro, situato perpendicolarmente sopra di lei; così che cambiando i suoi poli continuamente di posizione, relativamente a queste estremità, variava la magnetizzazione del ferro dolce, e si eccitavano fortissime correnti *indotte* nell'elice, che gli è avvolta.

Inviò egli a Firenze uno de' suoi apparecchi: il Nobili esaminollo disappassionatamente con l'occhio della ragione e della esperienza, e ne riconobbe il merito; ma fu nondimeno costretto a concludere che le sue calamite coniugate godevano per molti titoli la preferenza, e pubblicò i resultati decisivi comparativamente ottenuti.

Nel ripetere questo genere di esperienze si distinsero tosto molti valenti fisici, il Botto, il Del Negro, lo Zamboni, e specialmente il celebre Ampère, rapito alla scienza poco dopo il nostro Nobili, in un tempo in cui l'Italia piangeva pure il suo filosofo civile G. Domenico Romagnosi, che in Trento al Tirolo osservò prima di ogni altro l'influenza delle correnti elettriche sull'ago calamitato.

L'Ampère prese, più che altro, di mira le spiegazioni teoriche, il Botto, il Del Negro, e lo Zamboni anche le pratiche applicazioni. Il primo di questi italiani ebbe subito dalla calamita elettrica la decomposizione dell'acqua.

Il Del Negro osservò che costruendo con uno stesso filo di rame una coppia di spirali avvolte con direzioni contrarie, e presentando all' asse dell'una il polo meridionale, mentre all'asse dell'altra si presenta il polo settentrionale d'una stessa calamita, viene eccitata nel filo metallico una corrente d'intensità, eguale alla somma delle intensità che avrebbero avute le due correnti, che si fossero prodotte separatamente nelle spirali, presentando loro un polo alla volta. Valendosi di questo apparecchio come elemento, ne riunì insieme diversi colle estremità dei loro fili, e formò, per così dire, una nuova batteria magneto-elettrica. Lo Zamboni, dietro i fatti e i principj delle induzioni magneto-elettriche, costrusse un *micrometro magneto-elettrico*. In esso un pendolino è munito in basso di una buona calamita a ferro di cavallo, saldatavi per la sommità della curva. La linea dei di lei poli si trova nel meridiano magnetico, e il pendolo può oscillare dall'oriente all'occidente, e indurre alternativamente delle correnti, p. es., su di una lastrina di rame posta convenientemente fra le gambe della calamita. Il numero delle oscillazioni relativamente ad un arco determinato varierà secondo la natura e lo stato delle sostanze interposte. Il medesimo ultimamente costrusse ancora un elettroscopio dinamico universale, che ha poi ridotto ad una bilancia elettrodinamica analoga a quella del Coulomb. Se ne può vedere una dettagliata descrizione negli Elementi di fisica e di chimica del Pianciani.

Infine quanto a meccaniche applicazioni della scintilla magneto-elettrica, Corrado Wolf nell'accendilume, rappresentato dalla fig. 93 (1), ha sostituito all'elettroforo e al platino spugnoso la calamita elettrica, la cui scintilla accende al solito la corrente del gas idrogeno.

Ma al Faraday, che era stato l'autore della scoperta delle induzioni, riserbata era in certo modo la gloria di coronarla. Già il Nobili avea riconosciuto che un lungo filo avvolto a spirale e aggiunto al filo congiuntivo di una pila voltaica potea dirsi un vero condensatore elettrodinamico. Ora, il Faraday ha trovato che quando s' incomincia o s' interrompe l'azione della pila, su questo lungo filo che trasmette la corrente diretta s' induce un' altra corrente molto energica inversa della sua produttrice, e più energica ancora se la spirale sia nel suo interno munita di un cilindro di ferro dolce: anco questa nuova corrente

(1) V. Marcet, Tav. 4, pag. 204.

Digitized by Google

d'induzione, che dal Faraday è stata chiamata col nome di *estra-corrente*, vien posta in tutta evidenza dalla scossa che si prova toccando con ambedue le mani le due estremità del lungo filo congiuntivo; all'atto che s'interrompe il circuito dà una brillante scintilla, che comparisce al punto di contatto di due appendici, dalla incandescenza e anco dalla fusione di un sottil filo di platino che le unisca, dalle chimiche scomposizioni e dall'azione sull'ago calamitato.

Con potenti apparati di simil genere, o solenoidi, il P. Linari, professore all'I. R. Università di Siena, ottenne sul mercurio la scintilla dalle estra-correnti della torpedine, forando con appendici di forchette d'argento le viscere dell'animale. Ciò gli avvenne a Telamone il 27 Marzo 1835.

Mi riserbo ad altro tempo la compilazione di un breve articolo su i pesci elettrici. Qui solo aggiugnerò a lode del vero, che il celebre Walsh così scriveva al Le Roy nel 1776. « *Con sommo piacere vi annunzio che le anguille* (o gimnoti) *mi hanno dato* (fin dieci o dodici volte di seguito, in faccia a 40 e più membri della R. Società) *una scintilla elettrica discernibile nel suo passaggio attraverso di una fessura praticata in una striscia di stagnola incollata sul vetro. Questi pesci erano nell'aria; nell'acqua l'esperienza non è riuscita* (1). Nella stessa guisa la scintilla gimnoto-elettrica ricomparve più tardi al Fahlberg. Anche dalla torpedine trasse di nuovo una debole apparenza luminosa nel 1822 il fratello del celebre Davy a Malta. Il Faraday poi ultimamente a Londra ottenne dal gimnoto, senza estrarlo dall'acqua, non solo gli effetti già da altri osservati, ma dei nuovi eziandio. L'effetto ordinario della scossa si replica dapprima in diverse circostanze e posizioni, indi la scintilla, le chimiche scomposizioni, effetti magnetici, l'ignizione del platino ebber luogo (2). Egualmente, e fors'anco più strepitosi sono per altro i resultamenti del P. Linari sulla torpedine, fra i quali, oltre alla scintilla d'estra-corrente, di corrente termo-elettrica (e questa seconda fu da lui tentata per proposta del cav. Antinori), di corrente diretta, che da lui s'ebbero fin dagli anni 1836-37 nell'aria e nel vuoto, m'è grato annunziare pel primo quello più recente dei colori metallici del Nobili.

(1) Relazione ragionata su i fatti e le cognizioni più vere o interessanti che si possedevano intorno alla singolare virtù de' pesci elettrici, prima della scoperta del galvanismo e della pila voltiana, di S. G. — Bologna; pei tipi del Nobili e Compagni, 1838.

(2) Eco *du Monde savant*, anno 1839, N.° 400, pag. 5.

Digitized by Google

ARTICOLO IV.

TERMO-ELETTRICISMO.

Il Volta fino dall'anno 1794 col galvanoscopio allora noto, cioè colla rana puntualmente e di fresco preparata, aveva riconosciuto che anche un solo metallo scaldato in una parte e non nelle altre dava luogo allo sviluppo della elettricità. Riprese questo fatto il Seebek, nel 1822, col galvanometro moltiplicatore alla mano: e avendo formato un cerchio di due verghe o fili metallici diversi, col saldarne insieme le estremità, vide che scaldando una delle due saldature e non l'altra, vi era sviluppo di corrente elettrica. Con un certo numero di questi cerchi si costrusse tosto una specie di pila termo-elettrica. Conobbe poi unitamente al C. Yelin che lo stesso effetto risultava da un circuito formato di un sol metallo nelle sue parti diversamente riscaldato. L'uno e l'altro caso fu subito preso a studiare con grande interesse anche da molti altri fisici, specialmente da Becquerel, Sturgeon, Oersted e Furier, De la Borne, Van-Zuylen, Van-Nyevelt coi suoi colleghi Van-Beek e Moll, Traill, Cumming e Marshc; ma il Nobili e il Melloni, come ora vedremo, emersero e trionfarono. Con un certo numero di cerchi si costrusse prima dal Seebek medesimo una specie di pila termo-elettrica. Si sono fatte in seguito delle nuove pile di questo genere con un rettangolo, di cui due lati sono di antimonio, e due di bismuto. Riscaldata una saldatura e non l'altra, o meglio quest' ultima raffreddata, si ha una corrente, che va, nella porzione scaldata, dall'antimonio al bismuto. Più tardi si sono fatte delle pile termo-elettriche di più coppie, cioè de' rettangoli di due coppie, riscaldando alternativamente due saldature; degli esagoni di tre coppie; dei rettangoli di quattro; e ancora degli apparati di 20, 22 o più coppie, scaldando sempre alternativamente una saldatura e non l'altra, ovvero riducendo a zero le une col ghiaccio, e lasciando le altre alla temperatura ordinaria.

Digitized by Google

Se non chè, videro Oersted ed il Furier che quest'effetto cresceva al crescer del numero delle coppie, ma che l'effetto di molte coppie non eguagliava, senza variarne la disposizione, la somma degli effetti che avrebbero prodotti gli elementi separati. Il Nobili allora immaginò di cambiare affatto quel sistema, piegando ad angolo acutissimo le saldature degli elementi in forma zig-zag, per modo che le giunture del fascio venissero da due parti o faccie distinte, così che apponendo a ciascuna un numero nell'ordine progressivo, si trovassero le pari dall'una, le dispari dall'altra: e costrusse delle pile termo-elettriche, le quali si mostrarono tanto più attive, quanto era maggiore il numero degli elementi. Persuaso dal fatto dell'efficacia della sua pila, convinto della facilità di eccitare con pochissimo calore delle correnti sensibilissime al suo galvanometro, pensò di trarre profitto da quella e da questo per costruire un nuovo, e più d'ogni altro squisito termometro. E così ebbe origine il suo termo-moltiplicatore, una delle più belle invenzioni di questo fisico, uno dei più utili e gelosi istrumenti che la odierna fisica possegga. Il primo termomoltiplicatore era munito di una sola pila e destinato dall'autore a svelare col contatto o coll'immersione, le debolissime differenze di temperatura che esistono nei corpi; ma dopo le modificazioni fattevi dal Melloni, allo scopo di misurare le irradiazioni colorifiche (1), egli lo corredò di due pile, una pel calorico di contatto, chiusa in una scatoletta colle giunture superiori scoperte e brillanti del loro lustro metallico e le inferiori affogate nel mastice, e l'altra pel calorico di raggiamento stretta nel mezzo con un anello metallico, e colle giunture annerite, per aiutare l'assorbimento dei raggi calorifici. Quest'ultima inoltre fu armata, da un lato, di uno specchio metallico a cono troncato, per concentrare sovra di essa i raggi del calore proveniente dai vari punti dello spazio, e dall'altro chiusa in un tubo o mezza sfera destinata ad altri uffici, come a ricevere i vari corpi o insetti di cui si vuol conoscere la natural temperatura.

La figura 13 presenta il descritto strumento nell'atto della sua montatura sul fusto, che sorge sopra di una colonna, e

(1) Queste modificazioni furono descritte per la prima volta dal Nobili stesso in un suo articolo stampato nella *Bibliothèque Universelle* di Ginevra, tomo 41, pag. 233. L'articolo termina colle seguenti parole: » *Dorenavant j'unirai une seconde pile de ce genre à mon premier thérmo-multiplicateur* » d'onde apparisce chiaramente che il primo termo-moltiplicatore, atto alle sperienze del calor raggiante, è dovuto al Melloni.

che permette di volgere comodamente lo specchio conico in tutti i sensi. Questo specchio si apre e si chiude, alla opportunità, da un coperchio a cerniera. In mezzo all'anello sono due orecchiette, o imboccature, che comunicano con le estremità bismuto e antimonio, le quali sono i poli della pila destinati a ricevere i ganci di comunicazione coi reofori del galvanometro. E poichè i circuiti elettrici tutti solidi, e perciò le correnti continue dette stereo-elettriche, hanno una tensione assai debole, in paragone delle voltaiche, le quali, o termo-elettriche o comuni, sono sempre idro-elettriche, cioè passano per un corpo liquido o umido; così il filo del galvanometro, che il Nobili unì al suo termo-moltiplicatore è più grosso, e fa intorno al telaio un minor numero di giri, affinchè queste correnti più agevolmente vi si possano incanalare.

La sensibilità di questo istrumento supera di gran lunga quella dei più delicati termoscopi. Un movimento di 2° nell'ago del termometro del Breguet può rispondere nel termo-moltiplicatore ad un arco di 30 o 40°; e quando l'etrioscopio del Leslie non dà alcun segno, l'ago di questo percorre degli angoli di 25 o 30°; ed è poi sensibile a $1/6000$ di grado del termometro di Reaumur. Basta dire, che si risente pel calore naturale di un uomo a distanza di 25 o 30 piedi, e alla varia temperatura delle diverse pareti di una stanza: che convenientemente disposto nel recipiente della macchina pneumatica dà segni non dubbi del freddo prodotto per la rarefazione dell'aria, sin dal primo muoversi degli stantuffi: che infine il calore degl' insetti e del fosforo non han potuto a quest' istrumento occultarsi. Tanto è squisita e mirabile la sua sensibilità!

La sicurezza e la precisione delle sue indicazioni sono poi talmente superiori a quelle di tutti gli altri apparecchi termoscopici da non soffrir quasi il confronto; poichè, prese le debite precauzioni, onde garantire la pila ed il galvanometro dalle cause perturbatrici, l'ago magnetico esce sì gentilmente dalla sua posizion d'equilibrio, e percorre le varie parti dell'arco descritto con un movimento sì regolare e continuo, che direbbesi proveniente dal più perfetto meccanismo; mentre si vedono gl' indici degli antichi termoscopi muoversi a balzi, e segnar sempre più o meno confusamente i diversi punti delle loro scale.

Le scoperte del Melloni intorno al calor raggiante, ottenute in gran parte col termo-moltiplicatore, non potranno essere ben intese dagli studiosi che dopo di aver percorso il trat-

Digitized by Google

tato della luce: noi ne daremo un sunto a parte (vedi l'articolo sul calor raggiante). Basti per ora il dire che alcune pile termo-elettriche impiegate dal fisico di Parma sono composte di 25 o 30 coppie, antimonio e bismuto, talmente sottili che la sezione trasversale, risultante dalla loro riunione fascicolare, non oltrepassa quella del bulbo di un termometro ordinario: altre specialmente adoperate nelle sperienze sugli spettri calorifici hanno gli elementi disposti in una sola direzione rettilinea; ma una particolarità importantissima da osservarsi nelle pile del Melloni si è la loro simetria, o per meglio dire eguaglianza perfetta nelle loro due facce. Il Nobili immaginò in seguito altre forme e disposizioni degli elementi termo-elettrici, e costrusse per lo studio delle irradiazioni calorifiche tre altre pile da lui chiamate *a canocchiale*, *a raggi* e *a pettine* o *a fessura*.

Limitiamoci qui alla descrizione della pila a raggi, e a canocchiale, le più facili a comprendersi, ed anco le più importanti nelle loro applicazioni.

Si concepisce facilmente la disposizione degli elementi della pila a raggi (*fig.* 14). Consiste questa in una piccolissima ruota, coi raggi composti simetricamente ciascuno di due verghe di bismuto e antimonio, terminanti in punta, e mancante del suo mezzo, per modo che lateralmente e verso il centro ciascuna coppia o raggio resti dalle altre isolata. Per unir questi raggi si forma la circonferenza della ruota con tanti segmenti di antimonio e di bismuto, saldati ai punti convenienti. In vece però di chiudere il circuito, si lascia un intervallo senza archetto. Rimangono così liberi due elementi l'uno di bismuto e l'altro d'antimonio: sono questi i due poli della pila destinati a ricevere i fili di comunicazione col galvanometro. Non resta che a montare solidamente questa specie di zig-zag piegato a circolo, onde servirsene con sicurezza e sollecitudine. Gli elementi della catena termo-elettrica sono per questo appoggiati ed attaccati con mastice ad un disco sottile di legno traforato nel mezzo per lasciare allo scoperto le punte. Il disco poi è chiuso dentro una scatolina di ottone, circolare, e forata nel mezzo da ambedue le parti. L'una di queste si può lasciare aperta, o chiudere semplicemente con un coperchio a cerniera quando non s'impiega la pila, l'altra porta un tubetto di ottone, che si chiude pure con un coperchio: questo coperchio ha nel suo centro un forellino, che permette di vedere e di dirigere il centro della pila al punto che conviene, e che è chiuso da una laminetta di mica o di solfato di calce, affinchè il calore

dell'occhio non agisca sulla pila. La scatola porta un gambo a vite da fissarsi ai sostegni che occorrono nelle differenti circostanze.

Per comprendere la costruzione della pila a canocchiale, basta nella figura 13 immaginare gli elementi ridotti finissimi, e terminanti in punta come uno spillo. Il fascio che gli compone, porta invece degli specchi due tubi d'ottone cilindrici che si possono più o meno allungare o accorciare. Gli elementi sono anneriti, come pure l'interno dei tubi, i quali sono muniti di coperchi da mettere e levare a piacimento.

Sennonchè queste ultime pile quantunque ingegnose e dotate di un alto grado di sensibilità, non sono poi state dal Melloni approvate, perchè mancanti di simetria nelle due facce e quindi soggette all'inconveniente di alterare, in virtù dei cambiamenti della temperatura atmosferica, le indicazioni dovute all'efflusso calorifico sottoposto all'esperienza. E di fatto l'aumento o la diminuzione del calore circonfuso nell'aria si fa necessariamente sentire più presto sulla faccia che possiede contatti più estesi fra i due metalli eterogenei od una massa minore nelle estremità degli elementi: ne nasce pertanto una corrente elettrica che aumenta o diminuisce l'azione di quella derivante dal calore sottoposto alle indagini dell'osservatore. Che queste pile del Nobili siano soggette a tal difetto, oltre alla ragione irrefragabile della mancanza di simetria, ne abbiamo una prova di fatto nelle osservazioni stesse del loro autore, il quale dopo di averle impiegate a ripetere le esperienze del Melloni intorno alla trasmissione calorifica, soggiunge che l'esattezza delle misure dipende dalla costanza più o men grande della temperatura atmosferica (v. *Bibl. Universelle*, tomo 57 pag. 8).

Laddove il Melloni nell'uso delle sue pile simetriche, non ha potuto accorgersi mai che la variazione di temperatura nell'aria ambiente, variazione che succede quasi sempre, se non altro per la presenza dell'osservatore, induca il menomo cambiamento nei risultati: anzi i termo-moltiplicatori da lui impiegati, come pur quelli che vennero costruiti sotto la sua direzione pei principali gabinetti di Parigi, furon tutti rinchiusi entro appositi recipienti, i quali vennero introdotti in una stanza ove si fece variare la temperatura di 60 e più gradi, senza che l'indice si movesse menomamente dallo zero della divisione; sottomettendo in tal guisa i termo-moltiplicatori a quei medesimi cimenti che si fanno subire ai cronometri compensati.

Digitized by Google

Le pile a raggi, a scatole, ec., dice il Melloni, sono ottime soltanto per quelle esperienze ove si tratta di svelare l'esistenza di una debolissima irradiazione calorifica; ma esse non potranno mai di certo essere utilmente adoperate nelle ricerche di precisione, ove le perturbazioni del calor circonfuso debbono spesso distruggere, o almeno svisare, gli effetti calorifici che si vanno investigando dall'osservatore. Basterà in conferma di questo parer del Melloni, addurre l'inganno in cui fu tratta la somma sagacità del Nobili, che nella sua Memoria sul calore negò la polarizzazione di questo agente allo stato raggiante, la quale modificazione de' raggi calorifici si prova oggi colla massima facilità ed evidenza.

Nell'impiego del termo-moltiplicatore si presenta una quistione importantissima. Il calore agisce sullo strumento, e l'effetto prodotto è tanto più grande quant'è maggiore l'intensità calorifica operante. Di ciò non rimane dubbio alcuno; e per averne una prova irrefragabile basta tenere costantemente volta la faccia anteriore della pila verso una persona che le si vada accostando a gradi, ed osservare l'aumento successivo di deviazione che si produce nell'indice del galvanometro. Ma qual'è il rapporto esatto che esiste tra l'energia dell'azione calorifica e la forza delle correnti elettriche circolanti nel termo-moltiplicatore? A ciò rispondono alcune sperienze del Melloni. Egli prese una pila di bismuto ed antimonio, i cui elementi erano ricurvi a guisa di sifone, introdusse uno dei rami entro un vaso pieno di ghiaccio in fusione, e fece pescare l'altro alla stessa profondità entro un secondo recipiente destinato a ricevere un buon termometro e dell'acqua calda. Siccome la menoma differenza di temperatura tra le due facce della pila basteva per cacciare l'indice galvanometrico al massimo di deviazione, s'interpose nel circuito elettrico un sottil filo di platino che s'andò a mano a mano allungando fintantochè l'ago magnetico deviasse precisamente di un grado della sua divisione circolare quando l'acqua versata nel secondo recipiente indicava al termometro un grado centigrado di temperatura. Ciò posto s'infuse a poco a poco del liquido più caldo, e si vede l'indice galvanometrico ed il termometro procedere sulle loro respettive scale della medesima quantità, vale a dire, che per 2, 3, 4° di temperatura, il galvanometro segnava 2, 3, 4°. Si levò il ghiaccio dal primo vaso e si pose in vece sua dell'acqua più o men calda: allora l'andamento del galvanometro divenne proporzionale alla differenza tra le temperature dei liquidi conte-

nuti nei due recipienti. Finalmente, rimosso uno dei vasi, si lasciò pescare liberamente nell'aria circostante il ramo della pila, che prima vi si trovava immerso, e le indicazioni del galvanometro si fecero proporzionali all'eccesso della temperatura che possedeva il ramo tuttora immerso nel liquido caldo sulla temperatura regnante nell'atmosfera.

Riteniamo dunque come cosa ben provata dai fatti che *quel grado di calore, il quale dilata successivamente di una data frazione doppia, tripla o quadrupla il volume del fluido termometrico, produce, operado sopra una delle facce del termo-moltiplicatore, delle correnti elettriche dotate di una energia doppia, tripla o quadrupla.*

Becquerel avea dimostrato qualche tempo prima che questa proporzionalità della corrente termo-elettrica col grado di calore eccitante vale per diverse altre combinazioni metalliche, stando però entro i limiti della scala termometrica: al di là si trovano alcune eccezioni, che derivano, secondo ogni probabilità, dalle modificazioni prodotte nell'equilibrio molecolare dei corpi quando e' s' avvicinano ai cambiamenti di stato. Ma queste irregolarità, le quali han luogo parimente anche per la dilatazione prodotta in virtù del calore, non possono manifestarsi nell'uso del termo-moltiplicatore, poichè ivi l'azione calorifica che produce la massima indicazione non arriva che a pochissimi gradi del termometro; ed abbiam veduto or ora che nelle esperienze del Melloni, ove la sensibilità dello strumento fu tanto diminuita per l'aggiunta del sottile e lungo filo di platino, la proporzionalità tra l'energia della corrente elettrica e la temperatura si mantenne tuttavia, mentre allora il calore operante trovavasi superare di gran lunga in energia quella debolissima azione calorifica che produce le indicazioni dello strumento nel suo stato ordinario.

Sin qui abbiam parlato della proporzione esatta che mantengono tra di loro l'intensità della temperatura agente e l'energia della corrente elettrica: abbiam detto inoltre che affievolendo convenientemente l'azione di queste correnti nel termo-moltiplicatore, esse fan deviare l'ago magnetico 1, 2, 3, 4°, quando la differenza di temperatura tra le due facce della pila segue precisamente la stessa progressione dei numeri naturali. Cade ora in acconcio l'osservare che questo accordo perfetto nell'andamento apparente del termometro e del galvanometro non può prolungarsi indefinitamente, e deve anzi cessare dopo che i due strumenti hanno percorsi gli otto o dieci primi gradi

Digitized by Google

delle loro scale respettive. Infatti quando il corpo termoscopico s' innalza successivamente nel tubo di diverse quantità eguali, egli indica dilatazioni eguali del proprio volume, qualunque sia l' altezza primitiva della colonna liquida; ma nel galvanometro, la forza che fa deviare l' indice di una data quantità in vicinanza dello zero, non è punto eguale a quella che produce la stessa deviazione quando l'indice si trova già scostato di un certo angolo. — Poichè l' ago magnetico è in una condizione analoga al pendolo. — Ora ognuno intende di leggeri che per sollevare l' asta di esso pendolo di un grado, per es., in vicinanza della posizione naturale d' equilibrio, vi vuole uno sforzo molto minore di quello che fa d' uopo impiegarvi per sollevarla parimente di un grado quand' essa trovasi già pervenuta ad una certa distanza dalla verticale: l' eguaglianza non ha luogo che presso la posizione d' equilibrio ove, trattandosi di uno spazio poco esteso, le forze sono sensibilmente proporzionali agli archi. Per trovare la relazione esistente tra gli spazi percorsi dall' indice magnetico e le forze motrici il Nobili impiegava un galvanometro a doppio filo di circonvoluzione, e vari sistemi termo-elettrici eguali di rame e ferro: egli faceva passare una corrente per uno dei due fili del galvanometro, e notava la deviazione prodotta: ripeteva l' esperienza adoperando due correnti e due fili, ed osservava a quale deviazione dell'ago corrispondeva questa forza doppia; poscia, due correnti per un sol filo, e quattro per due, e così di seguito.

Il Melloni giunse più presto e più direttamente allo scopo nel suo termo-moltiplicatore simmetrico d' irradiazione. Armata la pila termo-elettrica di due tubi eguali, egli pone, ad una certa distanza, la fiamma di una lucerna, in modo che l' irradiazione percota sulla faccia anteriore della pila: l' indice magnetico si pone tosto in movimento, e dopo di aver percorso un arco più o meno esteso, e fatte alcune oscillazioni, si ferma stabilmente in un dato punto del quadrante, impiegandovi in tutto 80 o 90 minuti secondi. Supponiamo che si allontani di tanto la lucerna che la deviazione stabile sia precisamente 10°. S' intercetti l' irradiazione con una lamina metallica e si ponga contro la faccia posteriore una seconda lucerna, la quale si smuoverà gentilmente nell' uno o nell' altro senso fintantochè l' indice segni stabilmente dall' altra banda 9° di deviazione. Rovesciando le comunicazioni elettriche tra la pila ed il galvanometro l' ago tornerà nel quadrante primitivo, ove percorrerà un arco eguale se la costruzione del galvanometro è perfetta-

mente simmetrica dai due lati della direzion d' equilibrio naturale; quando nol sia, si modificherà dolcemente la distanza di questa seconda lucerna onde ottenere precisamente la detta indicazione di 9°. S' interponga poscia una seconda lamina metallica anche da questo lato, e le due facce della pila, riparate amendue dalle respettive irradiazioni, lascieranno cader l'indice a zero. Ristabilite nello stato primitivo le comunicazioni tra il galvanometro e la pila, si tolgano ad un tratto ambi i ripari metallici: le due irradiazioni calorifiche percotendo simultaneamente le facce opposte della pila, ecciteranno nel termo-moltiplicatore due correnti contrarie; la prima vorrebbe trar l' ago magnetico a 10° di deviazione da un lato del quadrante; la seconda tenta di spingerlo a 9° dall' altra banda: l' ago sottoposto a questo conflitto rimarrà evidentemente nel primo semicircolo e vi segnerà un solo grado, se la proporzionalità delle forze agli archi si estende persino al decimo grado della scala circolare; come succede infatti nei galvanometri ove le circonvoluzioni del filo metallico sono sufficientemente diffuse pel telaio. Si ripeta ora la stessa esperienza sopra archi più estesi: venga l'ago sospinto a 30°, per es., colla irradiazione della prima lucerna, e a 29° opposti colla irradiazione della seconda. Quando gli efflussi contrari giungono insieme sulle due facce della pila, la differenza degli archi descritti sarà tuttavia di un sol grado come nel caso precedente, ma questo grado corre dal 29 al 30—; la forza necessaria a varcarlo è, per quanto abbiam dianzi mostrato, superiore di molto a quella che esige il passo d' uno dei primi gradi del quadrante —, e l'ago magnetico, tratto presso allo zero, in vece di segnare un grado ne indicherà due o tre. Se la prima irradiazione caccia l' indice a 40°, e l' altra a 39°, l' ago magnetico si fermerà a 5 o 6°, e via dicendo. In tal guisa si riducono ad una sola scala di confronto le varie forze che erano prima misurate da scale di meno in meno sensibili, e fatte le somme successive, se ne forma una tabella che indica le forze corrispondenti ai vari gradi del quadrante: laonde, *date due o più deviazioni prodotte successivamente nel termo-moltiplicatore da varie irradiazioni calorifiche, si trova tosto il rapporto esatto delle loro intensità.* Anzi, trattandosi di calor raggiante, per avere il rapporto di due irradiazioni non è nemmen necessario aspettare che l' indice rimanga immobile sulle respettive sue posizioni, qualora si faccia prima con una sola lucerna, posta a varie distanze, una seconda serie d' esperienze preliminari destinate a determinare le diverse re-

Digitized by Google

lazioni esistenti tra l'arco massimo descritto dall'indice in virtù della prima forza impellente che nasce allo scoprirsi della pila, e la posizione di stabile deviazione ove l'indice si ferma successivamente. Allora le osservazioni divengono talmente spedite che *in 7 minuti secondi circa, si ottiene la misura di una data irradiazione calorifica.*

I termometri ordinari ed i termoscopi, esposti ad un irraggiamento di calore, camminano tuttavia dopo 10 o 12 minuti primi; perchè l'azione calorifica, esercitandosi sulla sola metà anteriore del bulbo, dee prima riscaldarlo, e quindi trasmettere il calore acquistato alle molecole fluide che vi si trovano a contatto interno; le quali molecole dilatate s'innalzano, e sono surrogate da altre che provano esse pure le stesse vicende, fintantochè la metà opposta del bulbo si riscaldi essa pure pel contatto del fluido circolante, e giunga lentamente a quello stato d'equilibrio mobile che comporta la forza dell'irraggiamento, il calore de' corpi circostanti, e la temperatura del mezzo ambiente. Nel termo-moltiplicatore, per lo contrario, l'irradiazione, che traversa soltanto un esilissimo strato di nero fumo, giunge quasi istantaneamente sulla faccia nuda, ed eccita tosto nel circuito metallico la corrente elettrica che dessa pure agisce in un attimo sull'ago magnetico. Non è dunque sempre vera la massima che gli effetti si ottengono tanto più pronti ed efficaci quanto minore si è la complicazione de' mezzi impiegati: i termometri a fluidi superano di certo in semplicità il termo-moltiplicatore;... eppure quanta differenza di prontezza, di sensibilità e di precisione in favore di quest'ultimo istrumento!

In proposito di esperienze termo-elettriche mi resta a fare un'osservazione sulle ipotesi intorno alla causa per natura del magnetismo terrestre.

I fisici, i quali pria riguardavano la terra siccome una grande calamita, dopo le scoperte dell'elettro-magnetismo la considerarono con l'Ampère come circondata da correnti elettriche circumterrestri dirette da levante a ponente, supponendola conformata, per la sovrapposizione degli strati eterogenei, a guisa di una gran pila coi suoi poli in comunicazione. Vedeano infatti che per calcolar l'influenza di lei nei fenomeni elettromagnetici ec. bastava paragonarla al filo conduttore di una pila. — Ma dopo i fatti osservati dal Seebek inclinarono a ripetere quel magnetismo piuttosto da correnti di natura termo-elettrica, risultanti certamente da più semplici e meno regolari combinazioni. D'altronde le esperienze del Seebek si limitavano

Digitized by Google

ai soli circuiti metallici, e la terra anzichè a questi, si volea confrontare ai conduttori umidi. Ad essi adunque era mestieri di estendere gli effetti termo-elettrici; e ciò fu fatto dal Nobili sperimentando sopra bastoncelli di argilla. Ottenne di fatto delle correnti; e queste erano dirette dal caldo al freddo come appunto richiedea la spiegazione delle correnti orientali circumterrestri, rappresentando sul gran circuito della terra le orientali le più calde, e le occidentali le più fredde.

Ammirando qui pure la somma sagacità di quel gran fisico, non posso però a meno di osservare in proposito di queste correnti transitanti per l'umido, che oggidì si ammette generalmente che « *le correnti termo-elettriche non passano pei conduttori umidi che nel solo caso della lor generazione da pile composte di un grandissimo numero di coppie* ». L'azione dunque dal Nobili osservata, anzichè derivar da una corrente termo elettrica, non potrebbe ella per avventura provenir piuttosto da una qualche azion chimica? Inoltre per ottenerla anche da un sensibilissimo galvanometro, bisogna scaldare eccessivamente uno dei cilindretti, facendolo *veramente cuocere* entro la fiamma alcoolica prima di porlo a contatto del secondo cilindro bagnato; e ciò non è a gran pezza paragonabile alla debole azione solare sul globo terraqueo. Di più, spesse volte l'esperienza manca di effetto, o lo dà appena sensibile ed apprezzabile. Quindi la *corrente eccitata nell'argilla* da un altissimo grado di calore è languidissima, e l'influenza del globo terrestre sull'ago calamitato è sommamente energica. Dunque ec. È ben vero per altro che si potrebbe opporre a quest'ultimo argomento che l'effetto osservato deriva dalla somma di molte forze languide sì ma diffuse per tutta la superficie del globo. D'altronde questa ipotesi si presterebbe mirabilmente alla spiegazione delle diurne ed annue variazioni dell'ago calamitato.

La scoperta d'Arago sul magnetismo sviluppato nei corpi in virtù del semplice movimento, ha suggerito essa pure ai fisici l'idea che l'azione magnetica del globo terrestre provenga dalla sua rotazione: ma anche qui nasce la difficoltà del debolissimo effetto prodotto dai corpi rotanti di composizione analoga alle sostanze le quali compongono la crosta del globo terrestre; anzi l'effetto magnetico di queste sostanze in moto sarebbe affatto nullo stando alle sole sperienze del celebre fisico francese. È vero per altro che codesta obbiezione svanisce se regge l'ipotesi del Davy sulla natura metallica delle parti centrali del nostro pianeta. Ma guardiamo di non cadere in quel sistema di filosofare che percosse di una fatale sterilità il campo dell'antica fisica.

Digitized by Google

ARTICOLO V.

CALORE RAGGIANTE.

Leggendo le poche cose relative al calorico raggiante esposte dal nostro Autore, ognuno si sarà convinto di leggeri che sino ne' tempi a noi vicini si possedevano appena in fisica alcune nozioni fondamentali sulle proprietà di questo grande agente della natura. La propagazione rettilinea ed invariabile de' raggi calorifici malgrado l' agitazione dell' aria, la loro riflessione sulle superfici metalliche levigate, ecco le due sole qualità della irradiazione calda e non lucida ammesse generalmente dai fisici. Le sperienze di Delaroche intorno alla debole trasmissione del calore raggiante e oscuro a traverso il vetro non avevano incontrato l' assenso universale, e lo stesso dicasi dei risultamenti ottenuti da Bérard sulla polarizzazione del calore scevro di luce, risultamenti, che si tentò invano di riprodurre in Inghilterra. Quanto all' assorbimento più o men grande del calor solare dai corpi opachi di varie tinte, al passaggio di questo calore a traverso i corpi diafani, alla sua refrazione e concentrazione nel fuoco delle lenti, tutti questi effetti si consideravano come meri accidenti dei raggi lucidi; e s'ignorava quindi se il raggio calorifico privo di luce è suscettivo di essere in tal guisa modificato; o almeno quei fisici i quali ammettevano alcuna di queste modificazioni le supponevano eccitate da quelle stesse classi di corpi che le producono sul raggio lucido. Vedremo or ora quanto le sperienze del Melloni abbiano smosse le opinioni invalse, e quanti nuovi elementi esse abbiano recati alla scienza del calor raggiante. Ma prima di entrare in materia non sarà forse discaro ai nostri lettori che esponiamo qui brevemente il metodo da lui seguito nelle sue ricerche, e le precauzioni prese onde ottenere delle misure esatte, e salde contro qualunque obbiezione.

S' immagini un recinto metallico che circondi per ogni dove una pila termo-elettrica d' irradiazione a facce simmetriche, munita de' suoi tubetti metallici, e posta sul suo solito sostegno:

la forma del recinto è ovale schiacciata; nella parte anteriore, dal lato di maggior curvatura, avvi un pertugio circolare del diametro di 4 o 5 linee, posto ad un'altezza eguale a quella cui trovasi sollevato il centro della pila la quale sta nel mezzo, rivolta verso il foro, ad una distanza di 10 pollici circa: i fili di comunicazione escono di sotto alla parete opposta, e metton capo al galvanometro che posa su di un piano orizzontale raccomandato ad un muro maestro. Queste disposizioni servono, 1.° ad impedire l'azione perturbatrice delle diverse porzioni d'aria più o men calda che l'agitazione e l'inegual riscaldamento possono spingere a contatto dei due tubi della pila durante le sperienze; 2.° a togliere le oscillazioni del filo di seta che sostiene il sistema astatico del galvanometro. Quanto all'apertura della parete anteriore, essa è destinata a ricevere i diversi corpi più o meno trasparenti che vi si pongono contro al di fuori, in guisa da coprirla interamente, e si mantengono saldi nella loro posizione mediante un apposito sostegno.

La sorgente calorifica trovasi ad una distanza di due o tre piedi sulla direzione che congiunge il centro della pila a quello del foro: essa conserva invariabilmente lo stesso grado di calôre per ogni serie di esperimenti; ma si cambia la qualità dell'irradiazione, e si riproducono le principali fasi del riscaldamento, cogli artifizi seguenti. Il calore scagliato dai corpi incandescenti vien dato da una spirale conica di platino alla quale si sottopone una fiammella alcoolica delle stesse precise dimensioni; quando tutto è ben disposto, svanisce l'apparenza cerulea della fiamma, e resta la sola vivida luce del platino arroventato. L'irradiazione dei corpi, all'istante in cui cessa l'incandescenza (400° circa), si ottiene mediante una lamina metallica annerita e verticale, lambita posteriormente dalla fiamma alcoolica. Per aver poi i raggi della combustione e quelli dei corpi scaldati sotto i 300°, basta impiegare direttamente le lucerne a livello costante, o le pareti dei vasi pieni d'acqua, di mercurio, o d'olio in ebullizione.

Tutte queste sorgenti si mantengono costanti, perchè continuamente alimentate dalle fiamme o dall'ebullizione dei liquidi; ma le loro energie sono diverse, e per operare in parità di circostanze, ad ogni nuova serie d'esperienze si avvicina più o meno la sorgente, fintantochè il termo-moltiplicatore segni 30° per l'azione de' raggi che giungono sulla pila a traverso il foro libero da qualunque corpo.

Immaginiamo ora il foro turato da una lamina di vetro o

Digitized by Google

d'altra sostanza più o meno diafana; l'indice dello strumento non si sosterrà più a' 30°, ma scenderà verso lo zero fermandosi in una certa posizione inferiore, che supporremo di 10°. Se invece del vetro si pone contro l'apertura una lamina metallica, l'indice torna esattamente a zero; dunque i 10° di deviazione prodotti nel primo caso derivano da una porzione della irradiazione calorifica trasmessa pel vetro a modo della irradiazione lucida.

Ma alcuno potrebbe opporre per avventura che l'azione osservata deriva in tutto o in parte dal riscaldamento della lamina di vetro. Per distruggere compiutamente questa obiezione basta ritirare la sorgente calorifica dall'asse dell'apparato e porla lateralmente, conservandola però sempre alla medesima distanza dal foro. Allora i raggi continuano a percotere la lamina, e la mantengono calda come prima, ma l'indice torna sollecito allo zero della scala e vi resta quand'anche si volti la lamina perpendicolarmente ai raggi incidenti, o s'accosti di parecchi pollici la sorgente al recinto. Dunque la deviazione di 10°, ottenuta nel caso ove la sorgente trovavasi sull'asse dell'apparato, era propriamente tutta dovuta alla trasmissione immediata e rettilinea dei raggi calorifici a traverso la lamina.

Dimostrazioni analoghe devono ripetersi in tutte quelle esperienze ove il calore raggiante prima di giungere sulla pila termo-elettrica incontra un sistema qualunque di corpi destinati a trasmetterlo, a refrangerlo, od a polarizzarlo, ond'essere ben certi che questo sistema non concorre ad alterare col proprio calore gli effetti osservati. È facile a vedersi che in questi casi la nullità d'azione risultante dalla temperatura propria de' corpi, deriva e dal debole loro riscaldamento, e dalla poca loro estensione, e dalla distanza frapposta tra di essi e la pila termoscopica. Difatto quando il Melloni desidera esplorare i fenomeni d'assorbimento, egli aumenta notabilmente l'ampiezza delle lamine, ed arma la pila di riflettori conici, oppure egli accosta sin quasi al contatto della pila le lamine di piccole dimensioni, e vi concentra colle lenti l'irradiazione calorifica. Però sì nell'una che nell'altra occorrenza queste disposizioni tornerebbero vane, quando mancasse uno strumento di tanta sensibilità e sicurezza e d'indicazioni quali si è appunto il termo-moltiplicatore (1).

(1) Vedi l'articolo sul *termo-elettricismo*.

Digitized by Google

Ma è ormai tempo di presentare le principali conseguenze alle quali fu condotto il professore di Parma nelle sue ricerche sul calor raggiante. A tal fine ci varremo delle memorie stesse dell'autore e di due articoli inseriti nella Biblioteca Italiana (anni 1837 e 1838), ove le scoperte del Melloni ci sembrano esposte con molta chiarezza e semplicità.

Laplace, Brewster, ed altri sommi fisici non ammettevano che i raggi di calore fossero realmente suscettivi di trasmettersi immediatamente pe' corpi solidi, e vedendo un termometro inalzarsi dietro una lamina di vetro esposta ad una irradiazione calorifica, supponevano che l'azione osservata derivasse totalmente dal calore accumulato sulla superficie anteriore, e trasmessa da strato a strato fino alla superficie posteriore. Maycock, e quindi Delaroche resero il vetro opaco coprendolo di uno strato di nero fumo, ed osservarono che in tal caso la temperatura segnata dal termometro era minore di prima; ma Brewster e Powell risposero giustamente che le circostanze d'assorbimento e d'emissione calorifica essendo allora alterate nella lamina, l'esperienza riesciva inconcludente. Noi abbiam dianzi veduto come il Melloni sia giunto a porre fuor d'ogni dubbio l'esistenza della immediata trasmissione de' raggi calorifici a traverso i corpi, e possiam quindi passare senz'altri preamboli all'esposizione delle leggi da lui stabilite con un gran numero d'osservazioni intorno a questo nuovo ramo di fisica.

La trasparenza dei corpi relativamente al calorico raggiante è in alcuni casi indipendente dalla loro trasparenza per la luce.

La trasparenza non è, come nella luce, una condizione essenziale della trasmissione calorifica. Il cristallo di monte, *affumicato*, in istrati di 80 o 90 millimetri, trasmette tre in quattro volte più di calor raggiante, che una lamina sottile di allume perfettamente diafana. Alcuni corpi opachi, come la mica, e certi vetri neri, i quali intercettano affatto i raggi solari più intensi, si lasciano tuttavia traversare da una quantità notabile di raggi calorifici. Per l'opposto si possono formare delle combinazioni di sostanze diafane, che sono affatto impermeabili al calor raggiante. Quindi la necessità di nuove denominazioni totalmente distinte dai vocaboli adottati per indicare gli analoghi fenomeni di passaggio o di assorbimento dei raggi lucidi dei corpi.

Digitized by Google

Sostanze diatermane ed atermane.

Egli ha chiamato *diatermane* le sostanze che trasmettono i raggi calorifici, e *atermane* quelle che ne intercettano la propagazione; così che atermaneità e diatermaneità esprimono relativamente al calore ciò che opacità e diafaneità esprimono riguardo alla luce. Nei cristalli la diatermaneità non ha veruna relazione colla composizione chimica, colla densità, o colle forme primitive o secondarie: essa non dipende nè anche dal clivaggio. Nei vetri e nei liquidi le sostanze permeabili al calor raggiante sembrano quelle che sono dotate di maggior forza rifrangente: il flint, per es., trasmette più del crown, il carburo di zolfo più dell'acido solforico ec. I metalli, le pietre, il carbone, il legno sono sostanze atermane. Nella classe dei corpi diafani ad un tempo e diatermani gli ultimi gradi trovansi occupati dall'acqua, dall'allume, e dall'acido nitrico.

Costanza di trasmissione calorifica del sal gemma.

Il corpo più permeabile ai raggi calorifici si è il sal gemma, che trasmette in qualunque circostanza 0,923 del fascetto calorifico incidente. Dico in qualunque circostanza, perchè i rapporti fra le diatermaneità di tutte le sostanze, tranne il sal gemma, variano immensamente colla natura dei raggi di calore: a cagion d'esempio, trasmette una certa quantità dell'irradiazione calorifica scagliata dalla fiamma, ma intercetta affatto l'irradiazione dei corpi riscaldati fino all'incandescenza: il vetro assorbe i raggi emanati dalle sorgenti, la cui temperatura è inferiore a 150°, trasmette una piccolissima frazione del calor radiante scagliato da un corpo a 200 o 300°, e si lascia attraversare da quantità calorifiche di mano in mano crescenti per le sorgenti più calde. Il sal gemma per lo contrario è indifferente, come abbiam detto, alla natura del flusso calorifico incidente, e ne trasmette la stessa porzione costantemente.

Reca veramente maraviglia il vedere negli apparati di questo gran fisico, come persino il calor naturale della mano, tenuta ad una sufficiente distanza da uno strato di questo corpo posto rimpetto all'apertura del termoscopio, lo traversi in ultimo, qualunque ne sia la spessezza; mentre che tutte le altre sostanze diafane riproducono assolutamente lo stesso effetto che una lamina metallica.

Digitized by Google

Vedemmo l'acqua, il vetro, e qualunque altra sostanza trasparente dar passaggio ad una proporzione di calore crescente colla temperatura della sorgente calorifica; si poteva attribuire questa facilità più o men grande di penetrare entro i corpi solidi e liquidi ad una specie di *forza impellente*, che va facendosi gradatamente maggiore nei raggi calorifici, di mano in mano che si aumenta il vigore del fuoco nel corpo riscaldato, o incandescente, donde traggono origine; quando in vece la trasmissione costante del sal gemma mostra che tutti i raggi di calore posseggono la medesima facilità di penetrare liberamente fra le molecole di un solido come tra quelle dell'aria; e che, se ciò non ha luogo nella massima parte dei casi, un tal fenomeno deriva da una qualità propria delle sostanze solide e liquide sottoposte all'irradiazione.

Colorazione calorifica, o diatermansia.

Ma qual è mai questa singolar proprietà che posseggono quasi tutti i corpi diafani di estinguere e di trasmettere il calor raggiante secondo la temperatura della sorgente? Il complesso dei fatti osservati nelle trasmissioni in proposito, ed un accurato confronto colle proprietà analoghe relativamente alla luce, han condotto il Melloni alla conseguenza, che tutte queste sostanze, persino le più limpide, come l'acqua, l'alcool, il vetro, posseggono una vera *colorazione calorifica:* colorazione del tutto invisibile, che si opera sul calorico radiante, come fa la materia colorante propriamente detta sulla luce. Il sal gemma è il solo corpo bianco e diafano, il quale sia privo di *colore calorifico.* Le fiamme, i corpi arroventati, o semplicemente caldi senza emissione di luce mandano varie specie di raggi calorifici analoghi ai colori dello spettro solare: tutte o quasi tutte le specie di colori sono contenute in quantità più o meno grande nelle irradiazioni scagliate dalle sostanze incandescenti; le altre sorgenti mancano di certi raggi e contengono gli altri in diversa proporzione.

Ammesse queste analogie naturalissime (ed incontrastabili in quanto all'essenza delle cose che si vogliono dinotare), non solamente si comprende colla massima facilità la ragione del fatto generale per cui il medesimo corpo diafano trasmette talora il calor raggiante, o in certi casi lo intercetta, ma si spiegano persino le più minute particolarità della trasmissione calorifica.

Digitized by Google

E veramente quei raggi scagliati da una data sorgente, non possono traversare che le sostanze dotate della medesima *diatermansia*, servendoci del vocabolo proposto dal prof. Melloni onde denotare la *colorazione calorifica*. I vetri rossi, che sono i più puri tra i vetri colorati, ammettono solo i raggi rossi, ed estinguono qualunque altro per assorbimento: egli è quindi impossibile di vedere attraverso questa specie di vetro una fiamma naturalmente verde, resa tale dalla interposizione di una lamina colorata con una tinta di un verde impermeabile alla luce rossa. Così va la cosa nell'acqua esposta alla irradiazione di un corpo incandescente.

L'acqua e l'irradiazione calorifica posseggono in certo qual modo due contrarie diatermansie. La prima è analoga al vetro rosso, e la seconda alla luce verde; laonde i raggi sono tutti assorbiti, nè punto trasmessi. Il vetro intercetta per la stessa ragione il calor raggiante della sorgente, la cui temperatura è inferiore a 300° o a 400°. Avvi trasmissione per l'acqua esposta alla radiazione delle fiamme, e pel vetro sottoposto ai raggi dei corpi a vari gradi d'incandescenza, perchè la diatermansia sì dell'agente, come del mezzo destinato a trasmetterlo, sono allora più o meno conformi. In tal guisa appunto si vede più o men viva e brillante attraverso il vetro rosso la luce bianca, o di un colore qualunque mista ad una certa dose di rosso.

La costanza della trasmissione calorifica del sal gemma è dovuta all'assoluta di lui mancanza della diatermansia.

Egli è poi manifesto che i raggi di calore, i quali escono da una data lamina, dovranno esser trasmessi o intercettati da un'altra di diversa natura, secondo che la diatermansia della lamina posteriore sarà più o men confacente colla lamina anteriore. Resulta infatti da vari sperimenti del Melloni, che i raggi calorifici emergenti dall'acqua o dall'allume, non possono traversare certe specie di vetri, mentre passano poi in quantità più o men grande per varie altre sostanze. Quanto al sal gemma, si è già veduto che questa sostanza trasmette nella medesima proporzione le varie irradiazioni delle sorgenti. Aggiungeremo ora che essa trasmette pure la stessa precisa proporzione del calore emergente da qualunque corpo. La trasmissione costante del sal gemma risulta evidentemente dalla sua mancanza assoluta

di diatermansia. Riducendo in istrati d'una grossezza gradatamente minore i mezzi diatermani, ne' casi ov' essi intercettano completamente la irradiazione calorifica di una data sorgente, non si ottiene verun effetto sensibile, fin tanto che lo strato conserva una profondità maggiore di uno o due millimetri: passato questo limite, la trasmissione comincia a manifestarsi, e diventa abbondantissima negli strati di una gran sottigliezza. Qualora poi l'esperienza si faccia sull'irradiazione di una fiamma, la trasmissione, ancor sensibile a parecchie centinaja di millimetri di profondità, si aumenta debolmente e gradatamente al decrescere della doppiezza dello strato; ma quando si aggiunge allo stesso limite di uno o due millimetri, scorgesi tosto, come nel caso precedente, un accrescimento notabilissimo nella quantità di calore trasmesso. Queste esperienze, eseguite sopra il cristallo di monte ed altre sostanze, sono esse pure conseguenze immediate della diatermansia: e per rendercene persuasi basta por mente ai fatti analoghi nella colorazione dei corpi diafani. Il vetro rosso dianzi segnalato, ridotto in lamine sottilissime, impallidisce, si scolora, e perde quindi la proprietà d'intercettare la luce verde.

Si dimostra la refrazione del calorico radiante per mezzo delle lenti e de' prismi di sal gemma.

Finora abbiamo considerate le azioni dei corpi sull'irradiazione calorifica ricevuta perpendicolarmente alla loro superficie. Se i raggi giungono obliquamente, andranno essi soggetti o no ad un cambiamento di direzione analogo alla refrazione della luce?

Un tal quesito non poteva sciogliersi compiutamente che dopo le scoperte del professore di Parma. Infatti, fin dai primi tempi in cui si costruirono le lenti, erasi osservata la concentrazione del calor solare. Alcuni effetti analoghi si erano pure ottenuti recentemente colle irradiazioni delle fiamme e dei corpi incandescenti; ma tale indizio di refrazione era ambiguo, e credevasi dalla massima parte dei fisici una semplice conseguenza della riunione dei raggi lucidi. Restava quindi tuttora da determinarsi se il calorico bastasse solo di per sè a produrre lo stesso fenomeno. Per convincersi che i raggi di calore si refrangono realmente come i lucidi, basta disporre nell'apparato del Melloni un vaso pieno d'acqua calda alquanto lateralmente, e ad una certa distanza dal diaframma metallico per-

Digitized by Google

forato: l'irradiazione calorifica, affatto scevra di luce, non può allora pervenire sul corpo termoscopico: ma ponendo rimpetto al foro del diaframma un prisma di sal gemma coll'asse verticale, ed i lati dell'angolo refrangente convenientemente inclinati; i raggi della sorgente si piegano verso il termoscopio, il quale manifesta incontanente la loro presenza.

È bella del pari ed istruttiva un'altra esperienza analoga, eseguita colle lenti. Si toglie il diaframma, e si pone in faccia al termoscopio ad una certa distanza il recipiente riscaldato dal liquido: il termoscopio riceve allora e manifesta l'influsso calorifico; i segni dell'azione s'indeboliscono con un apposito allontanamento sino al punto di renderli appena insensibili. Munitosi poi di due lenti della medesima distanza focale, una di vetro, l'altra di sal gemma, si dispongono successivamente innanzi al termoscopio: la prima distrugge l'azione calorifica, la seconda l'aumenta notabilmente. I raggi di luce si renfrangono più o meno, secondo la loro natura. Era dunque probabile che succedesse parimenti per le varie specie di calor raggiante: e di fatti la refrazione delle irradiazioni calorifiche, esplorata col prisma di sal gemma, si trovò aumentare generalmente d'una piccola quantità colla temperatura della sorgente. La debole energia del fascetto di calor refratto, la difficoltà di distinguerne accuratamente le varie parti, ed altri ostacoli, hanno sin ora impedito su questo ramo ulteriori progressi. Ma l'analisi del calor solare eseguita colla refrazione del prisma, e l'assorbimento delle sostanze diafane, lo condusse a varie conseguenze importantissime sulla dispersione dei raggi calorifici, sulle relazioni che esistono tra i due agenti, cui si debbono i fenomeni della luce e del calorico.

Colle lenti e coi prismi di sal gemma si determina la posizione del massimo di temperatura sulle zone dello spettro neutoniano.

La proprietà di riscaldare nei raggi solari va talmente unita a quella d'illuminare, che quasi tutti i fisici considerano queste due azioni come effetti diversi di una sola cagione, e supposero per conseguenza che il medesimo raggio ci reca dalle regioni eteree e luce e calore. Non è dunque da stupirsi, se dopo l'esperienza del Newton sulla decomposizione della luce, nessuno d'essi cercò di studiare la distribuzione del calore nello spettro scoperto da quell'immortale filosofo. Quest'in-

Digitized by Google

differenza derivante dall' ipotesi adottata, prolungossi per ben quasi un secolo, e cessò finalmente verso il 1783 quando Rochon fece alcune ricerche sperimentali, donde gli parve potersi arguire che il maggior calore nello spettro solare trovisi appunto sul giallo, ove domina, come è noto, il massimo chiarore. L'esperienza era semplicissima, consistendo nell'osservare le indicazioni di un termometro, il cui bulbo veniva successivamente immerso nei sette colori prismatici. Landriani alcuni anni dopo pervenne alla medesima conclusione. Berard ripetè sui principj del secolo presente l'esperienza del Rochon, e trovò il maggior caldo non più sul giallo, ma sul rosso verso l'estremità dello spettro. Herschel e Davy avevano trovato qualche anno prima che la zona più calda è presso l'ultimo limite della luce rossa nello spazio oscuro, che le succede immediatamente.

Nuove esperienze vennero intraprese nel 1828 dal Seebek, le quali dimostrarono che la posizione della massima temperatura varia nello spettro colla qualità della sostanza diafana onde il prisma è composto. Essa trovasi sul giallo, sull'arancio, sul rosso, e anche al di là, secondo che il prisma è composto di acqua, di acido solforico, di vetro comune, o di flint-glass. Melloni vide più tardi che la posizione del massimo di temperatura cambiava non soltanto colla natura del prisma, ma colle sue dimensioni, il più alto grado di calore trovossi sul rancio adoperando un piccol prisma d'acqua, e sul giallo quando si effettuava l'esperienza con un prisma più ampio dello stesso liquido. I fatti scoperti dal Seebek parvero tanto contradittorj alle idee prevalenti, che gli autori dei vari trattati di fisica, pubblicati dopo le osservazioni in discorso, non ne fecero alcuna menzione. Brewster fu il solo che ne diede un cenno nel suo trattato di ottica, ma senza nè anche un'ombra di spiegazione. Ed in vero ignorandosi allora l'esistenza della diatermansia nelle sostanze diafane prive di colore, tenevasi per fermo che tutte coteste sostanze trasmettessero liberamente qualunque sorta di luce e di calor solare; quindi un cambiamento di posizione del luogo del massimo calore era incompatibile colla immobilità evidente della massima luce. Attualmente la spiegazione delle variazioni calorifiche nello spettro solare non presenta veruna difficoltà. In fatti che mai succederebbe se per analizzare la luce del sole si presentasse al raggio incidente un prisma composto di un vetro azzurro, verde, rosso? Il massimo chiarore cambierebbe necessariamente la

Digitized by Google

sua natural posizione, e passerebbe nell' una o nell' altra zona dello spettro secondo la natura e l' intensità del calore diffuso nel prisma. Tale si è appunto il risultamento dell' azione dell' acqua, dell' acido solforico, e delle diverse specie di vetri sui raggi calorifici, che traversano i respettivi prismi. Ogni sorta di calore soffre, durante la sua trasmissione per la materia del prisma, un assorbimento particolare dipendente dalle qualità diatermantiche di questa materia medesima: quindi gli elementi del fascetto calorifico refratto differiscono per la mutua loro energia dagli elementi del raggio incidente, e debbono presentare dei resultamenti affatto diversi.

Le esperienze del Rochon e di tutti i fisici poc' anzi citati erano dunque totalmente improprie allo scopo per cui vennero istituite; e per aver un' analisi esatta del calor solare, conveniva impiegare un prisma composto con una sostanza la quale, rifrangendo più o meno i raggi calorifici, gli trasmettesse però tutti nella medesima proporzione. Questo appunto fece il Melloni servendosi del sal gemma, in cui aveva scoperta questa singolar proprietà. Allora si vide la temperatura delle diverse zone dello spettro solare farsi gradatamente maggiore dal violaceo al rosso, e crescere ancora notabilmente al di là dell' ultimo limite sino ad una distanza eguale a quella che scorre in opposta direzione tra il rosso e il giallo: quindi diminuire rapidamente ed estinguersi dopo di aver percorso nello spazio oscuro un tratto equivalente alla metà circa della distanza, che è tra le due estremità dello spettro lucido.

Ottenuto in tal guisa il vero *spettro* calorifico *normale*, il Melloni ne fece passare le varie parti per un sottilissimo strato d'acqua. I rapporti fra le intensità dei raggi calorifici furono in parte alterati, ed il massimo di temperatura si avvicinò all' estremità rossa: aumentando gradatamente sino a tre o quattro pollici la grossezza dello strato acqueo interposto, il massimo di calore continuò a muoversi nella stessa direzione, percorse successivamente il rosso, il rancio, e si fermò nella parte centrale del giallo. Sostituendo all' acqua l'acido solforico, ottenne uno spostamento analogo, ma il massimo di calore non potè spingersi al di là del rancio. Il vetro comune non lo trasportò oltre il rosso; ed il flint lo lasciò ancora nello spazio oscuro a contatto dell' ultima zona visibile dello spettro. Questi fatti mostrano fino all' evidenza la verità della spiegazione accennata.

Si piglino ora diverse lamine di vetro colorato, e si ri-

peta con esse l'esperienza fatta col vetro bianco, l'acqua e l'acido solforico. Le intensità relative delle zone lucide dello spettro saranno totalmente cambiate. Se la lamina è colorata dall'ossido di cobalto, la parte centrale del rosso, tutta la striscia di color rancio e di una porzione di verde o di turchino sono quasi del tutto assorbite; il resto conservasi più o meno visibile, in guisa che lo spettro lucido presenta allora una serie di striscie più o meno ampie di luce, frammiste a striscie di oscurità. Una lamina violacea assorbe ordinariamente il rancio, il verde ed il giallo, e lascia il rosso da una banda, l'azzurro e l'indaco dall'altra. Finalmente il vetro rosso non lascia passare che i soli raggi rossi, e distrugge o trasmette debolissimamente qualunque altro colore. Ora, esplorando la distribuzione del calore in queste diverse e bizzarre alternative di luce e di oscurità, si trova che l'energia calorifica è più o meno diminuita in ogni punto dello spettro secondo la qualità della lamina interposta; ma il massimo di calore rimane invariabilmente fisso presso l'estremità rossa, e le temperature *decrescono regolarmente* dall'uno e dall'altro lato, non ostante le frequenti ed irregolari interposizioni delle striscie oscure.

Modo di estrar dalle fiamme una luce priva di qualunque azione calorifica.

Ricapitoliamo. Un prisma di sal gemma somministra ad un tempo e nel loro stato normale i due spettri di luce e di calore. Interponendo uno strato di una sostanza bianca e diafana, come l'acqua ed il vetro, si lasciano intatte le mutue relazioni dei raggi lucidi, e si alterano quelle dei raggi calorifici. Interponendo per lo contrario uno strato di una sostanza diafana colorata, si mantiene la regolarità dei rapporti nei raggi calorifici, e si sconvolge totalmente l'ordine di successione e d'intensità relativa nei raggi lucidi. Dunque *le due proprietà che posseggono i raggi lucidi di rischiarare e di riscaldare sono in alcune circostanze indipendenti tra di loro persino nel raggio solare ove sembrano più strettamente riunite:* di qui l'idea di estrar dalle fiamme una luce priva di qualunque azione calorifica: il modo di ottenere l'intento è semplicissimo e consiste nel far passare l'irradiazione per due o più mezzi trasparenti che posseggano delle diatermansie di natura opposta. Questa luce singolare, insensibile affatto al termometro, si è tratta parimente dal raggio

Digitized by Google

solare: concentrandola fino al punto di renderla *eguale in energia alla luce diretta*; essa conserva tuttora l'impotenza di produrre il menomo indizio calorifico sui termometri della più squisita sensibilità! Il lume della luna presentava da gran tempo l'esempio d'una luce scevra di calore; ma l'intensità di esso lume è di circa trecentomila volte minore della luce solare.

Si può fare una utilissima applicazione di questa luce senza calore scoperta dal Melloni, impiegando i suoi sistemi atermano-diafani in certe operazioni astronomiche. Gli astronomi occupati a lungo delle osservazioni sulle macchie solari soffrono spesso, a cagione del calore concentrato sull'occhio dalla refrazione delle lenti, terribili oftalmie che mettono in grave pericolo l'organo prezioso della vista: adattando ai telescopi una combinazione d'acqua e di vetro verde cupo colorato dall'ossido di rame potranno essi continuare senza alcun pericolo le loro osservazioni.

Polarizzazione del calore.

Il Berard, il Powel, il Lloyd, il Nobili e il Forbes aveano in varie guise tentato di riscontrar nel calore la proprietà della polarizzazione analoga a quella della luce. Al primo parve di averla effettivamente riconosciuta; Powel, Lloyd, Nobili (come ho detto di sopra) ebbero un risultamento negativo; Forbes trovò la polarizzazione calorifica più o meno intensa secondo che la temperatura delle sorgenti d'onde emanano i raggi è più o meno elevata.

Il nostro Melloni rinvenne la vera causa di questa discrepanza di fatti e d'opinioni nella cattiva disposizione degli apparecchi polarizzatori, i quali riscaldandosi sotto l'azione della sorgente coprivano e mascheravano, per così dire, una porzione più o men grande dell'irradiazione polarizzata: sottratte a quest'inconveniente le sue sempre *precise* esperienze, pose nella massima evidenza gli effetti della polarizzazione calorifica, convertì il calore raggiante ordinario in calor polarizzato, non solo per reflessione, ma per refrazione eziandio e per doppia refrazione attraverso le turmaline. Impiega egli a quest'ultimo effetto una combinazione di due lenti di sal gemma, la quale rende ad un tratto convergenti i raggi di calore che emergono dalle lamine di turmalina, e divergenti quelli che derivano dal loro riscaldamento; talchè ad una certa distanza svanisce to-

Digitized by Google

talmente l'azione dovuta al riscaldamento, e resta sensibile la sola azione dei raggi calorifici immediatamente trasmessi. A prima giunta direbbesi che nelle turmaline la polarizzazione del calore è al tutto diversa da quella della luce, poichè parecchie coppie di turmaline verdognole, le quali polarizzano compiutamente i raggi lucidi, non danno verun segno di tale azione operando sui raggi calorifici; altre ne somministrano alcune tracce: le più efficaci, che sono le gialle e le violacee, non polarizzano ¼ del calor trasmesso, mentre in tutti questi casi la luce soffre una compiuta polarizzazione. Ma il Melloni provò che tali fenomeni derivano dalla sovrapposizione di due fascetti di calore polarizzato, i quali sono talmente disposti da distruggere una porzione più o men grande della polarizzazione apparente. Nella luce si riproduce lo stesso fatto quando i raggi penetrano il primo strato della turmalina; se non che uno dei due fascetti essendo poscia assorbito, l'altro resta solo e mostra, emergendo, il proprio stato di polarizzazione. Per rimaner pienamente convinti di questa spiegazione basterà dire che Melloni potè estrarre da una data irradiazione calorifica dei raggi a doppia polarizzazione persistente, e dei raggi ad una sola polarizzazione emergente: laonde facendo passare successivamente queste due specie di calor raggiante per lo stesso sistema di turmaline violacee, la prima specie non dava verun segno apparente di polarizzazione, la seconda appariva compiutamente polarizzata come la luce. La differenza osservata è dunque accidentale, e sì l'uno che l'altro agente segue nel polarizzarsi una sola e medesima legge. Ciò apparisce d'altronde ad evidenza nella polarizzazione eccitata dalla riflessione e dalla refrazione semplice, ove i due agenti manifestano precisamente le stesse affezioni. E qui giova osservare che la scienza della polarizzazione lucida, e l'ottica in generale, potranno ricavare importantissimi soccorsi dalle numerose ed esatte misure stabilite dal Melloni in tutti i casi ove il calore raggiante subisce quelle stesse modificazioni che soffre la luce. Infatti l'occhio cotanto prodigiosamente sensibile alla menoma frazione di luce, manca poi totalmente di quell'attitudine necessaria a giudicare rettamente dei rapporti d'intensità di due diversi raggi o di due superfici illuminate. Si tentò di costruire alcuni strumenti destinati a tale uffizio e tutti ebbero sinora un esito infelice. Parecchi fisici conservavano però non poca fiducia nel *fotometro* del Leslie: ma per dimostrare la fallacia di questo preteso misuratore di luce, il Melloni racchiuse la parte attiva del

Digitized by Google

detto apparato in un recipiente opaco ove fece penetrare successivamente due diverse qualità d'irradiazione, l'una calorifica e scevra di luce, l'altra calorifica ad un tempo e lucida: l'indicatore del fotometro percorse parecchi gradi della propria scala nel primo caso, e rimase perfettamente immobile nel secondo. Ora si lascia decidere a chiunque se uno strumento che in alcune circostanze *cammina sotto l'azione delle tenebre, e non dà verun segno di movimento essendo percosso da certe irradiazioni lucide*, può servire a misurare esattamente i diversi gradi di luce!

Facoltà di riflettere il calore raggiante.

Già per lo innanzi sapevasi che i raggi calorifici si riflettono più o meno abbondantemente sui corpi secondo la natura e il pulimento delle loro superfici; ma niuno sin qui avea potuto misurare il rapporto tra la quantità di calore incidente e la quantità di calore ripercosso. Le scoperte del Melloni intorno alla trasmissione gli somministrarono i dati necessari onde sciogliere il bel problema. Incomincia egli dall'osservare che le lastre ben pulite di sal gemma trasmettono 0,923 di calore raggiante, indipendentemente dalla loro grossezza, dalla natura de' raggi calorifici, e dalle modificazioni che subite avessero nel loro passaggio anteriore per altre sostanze. La perdita costante di 0,077, o altrimenti la differenza tra l'unità di calor incidente e la porzione 0,923 trasmessa dalla lamina potrebbe derivare, e da un assorbimento dei raggi nell'interno, e dalla loro riflessione sulle due superfici. Ora se due piastre di sale di diversa grossezza danno in qualunque circostanza la medesima trasmissione, è chiaro che le particelle saline costituenti la differenza di queste piastre non assorbono la menoma quantità di calore. L'assorbimento non potrebbe dunque effettuarsi che presso la superficie anteriore; ed in tale ipotesi il calor emergente da una delle due lastre dovrebbe evidentemente passare per la seconda in proporzione maggiore della irradiazione diretta, ma ciò non ha luogo; dunque il calore raggiante d'ogni qualità non è punto assorbito in qualsiasi parte di una lamina di sal gemma, e la perdita 0,077 è tutta dovuta alla riflessione che i raggi soffrono sulle due superfici. Per avere la riflessione appartenente alla sola superficie anteriore: sia x questa quantità, $1-x$ rappresenterà il calore che penetra nell'interno della lamina,

e $x(1-x)$ la riflessione sofferta da questo calore sulla seconda superficie. Ma le due riflessioni aggiunte alla quantità di calore trasmesso devono riprodurre l'unità di calore incidente. Dunque si ha:

$$x+x(1-x)+0,923=1$$

equazione di secondo grado d'onde si cava $x=0393$. Nelle sostanze diverse dal sal gemma la quantità di calore trasmesso da una data lamina varia, e colla temperatura della sorgente calorifica, e colla qualità dei corpi perchè i raggi rimangono più o meno assorbiti durante il passaggio; tuttavia in certi casi l'assorbimento interno è nullo come pel sal gemma. Si trasmetta, p. es., l'irradiazione calorifica di una lucerna per uno strato vitreo di 15 o 20 millimetri; i raggi emersi passeranno nella stessa precisa proporzione per tutte le lamine di vetro le cui grossezze non oltrepassano i due millimetri: dunque l'irradiazione non soffre in questa circostanza verun'altra perdita tranne quella proveniente dalle due riflessioni, e si potrà quindi determinare sperimentalmente il valore della riflessione come abbiam fatto dianzi pel sal gemma. Di più, qualora si piglino cinque o sei lamine di vetro, ed una sola della medesima sostanza, la cui grossezza equivalga alla somma di tutte le altre, e si facciano traversare separatamente i due sistemi dalla stessa irradiazione calorifica, si trovano coll'esperienza due quantità, che sottoposte al calcolo differiscono di un numero che rappresenta esattamente la somma di tutte le riflessioni del sistema multiplo, meno le due estreme. Dal complesso di questi calcoli ed esperienze si rileva, che il calore raggiante perde presso a poco 0,04 in virtù della sua riflessione su tutti i corpi diatermani quando l'angolo d'incidenza non si scosti più di 30° dalla normale. Quindi per avere il valore della riflessione nei corpi atermani basterà istituire una esperienza di confronto tra l'effetto calorico proveniente dalla ripercussione dei raggi che giungono non troppo obliqui sulla loro superficie, e l'effetto calorico prodotto a parità di circostanze da una superficie diatermana: il valor cercato sarà evidentemente eguale al primo effetto diviso pel secondo e moltiplicato pel numero 0,04. Con questo metodo si trovò che la quantità di calore ripercossa da una superficie metallica condotta al massimo grado di pulimento non arriva a 0,45 della quantità incidente. Un'altra serie d'esperienze mostrò che

Digitized by Google

nei metalli l'intensità della riflessione calorifica è indipendente dall'angolo d'incidenza. D'altronde il sal gemma ben terso e levigato trasmette come abbiam veduto più di 0,90 della irradiazione calorifica. Dunque le lenti costrutte con questa sostanza hanno, a pari dimensioni, un'efficacia doppia degli specchi metallici per produrre la concentrazione del calore raggiante.

Facoltà di emettere ed assorbire i raggi calorifici.

Studiando le facoltà che posseggono i corpi di emettere ed assorbire i raggi calorifici Melloni potè giungere col termomoltiplicatore a stabilire misure più esatte di quelle già ottenute da Leslie e da Rumford, e scoperse inoltre parecchi fatti importantissimi sfuggiti alle indagini di questi due celebri filosofi.

Quando si misura il calore tramandato dalle quattro facce laterali più o men pulite di un cubo metallico pieno d'acqua calda, si trova che l'irradiazione si fa tanto più languida quant'è più tersa e levigata la superficie volta verso lo strumento termo-scopico: dunque, soggiungevano i fisici, le scabrosità facilitano l'emissione calorifica. Melloni non ammise questa conseguenza che sembra sì evidente; e guidato da certe sue viste teoriche costrusse un vaso le cui quattro facce laterali erano formate da una coppia di lastre d'argento fortemente battuto col martello, e da un'altra coppia di piastre d'argento fuso e lentamente raffreddato: dopo di avere perfettamente pulite le quattro lamine, egli sfregò collo smeriglio una lastra d'ogni qualità, e l'emissione, che nella prima coppia dava il solito risultamento di un maggior valore per la lastra smerigliata, produceva un effetto diametralmente opposto nella seconda, ove per conseguente la superficie levigata emetteva più calore della superficie ruvida. La maggiore emanazione calorifica tramandata, nei vasi ordinari, dalla parete scabra non deriva dunque evidentemente dalle scabrosità, ma da certe modificazioni che si comunicano alla lastra nel toglierle la propria lucentezza. Secondo ogni probabilità, queste modificazioni consistono in uno scoprimento più o men grande delle parti interne le quali devono trovarsi in uno stato di condensazione diverso da quello delle molecole superficiali: e veramente, sperimentando sull'avorio, sul lustrino, e sul marmo, sostanze tutte le cui densità naturali non possono alterarsi colla compressione,

o coi mezzi qualunque necessari a comunicar loro e forma, e ruvidezza, e pulimento, si trova che le scabrosità non aumentano, nè diminuiscono in alcuna maniera l'emissione calorifica.

Abbiam veduto nelle nozioni generali sul calor raggiante che la natura degli ultimi strati superficiali di un corpo influisce possentemente tanto sulla facoltà di emettere il calore, quanto sulla facoltà inversa di assorbirlo; ed abbiam veduti riferiti dal nostro Autore i dati numerici che l'esperienza ha determinati sotto forma di una tabella, ove il nero di fumo occupa il primo posto, e l'ultimo i metalli. Melloni trovò che l'ordine e i valori indicati da questa tabella valgono soltanto per le sorgenti la cui temperatura non oltrepassa i 100°. Operando sulle diverse altre qualità di calor raggiante, egli ottenne tali e tante alterazioni da rendere, talora tre o quattro volte meno assorbente del nero di fumo, una sostanza che prima assorbiva l'irradiazione calorifica con pari energia. In tutti questi casi però avvi per ogni corpo uguaglianza perfetta di emissione e d'assorbimento, quando i raggi incidenti ed emergenti derivano dalla medesima temperatura. Il colore, che rende una data sostanza più o meno assorbente pel calore solare e pei raggi calorifici provenienti dalle sorgenti d'alta temperatura, non esercita veruna influenza nè sulla facoltà emissiva nè sulla facoltà assorbente, quando la temperatura del corpo o della sorgente calorifica non s'innalza oltre i 100 o 150°.

Le applicazioni di queste nuove leggi si presentano di per sè stesse in mille circostanze. Citiamone alcuni esempi.

Ognuno avrà osservato che la neve caduta nella campagna si scioglie più rapidamente che altrove presso i pedali degli alberi e gli steli delle piante erbacee; laonde il terreno è talora tutto scoperto all'intorno dei fusti, mentre trovansi ancora parecchi pollici di neve ad una certa distanza. A prima giunta si potrebbe credere l'effetto proveniente dalla preesistenza di una minor quantità di neve sotto le piante, o anche da un calore proprio alla vita vegetabile; ma queste spiegazioni vengono tosto distrutte, osservando che gli stessi fatti di una fusione precoce si riproducono intorno alle pertiche ed ai rami secchi conficcati nel suolo dopo la caduta della neve. Convien dunque ricorrere necessariamente al calor solare più o men diretto, assorbito in prima da questi corpi e poscia scagliato sulla neve circostante. Ma come può darsi che questa debolissima azione secondaria produca un effetto molto maggiore dell'azione diretta persino ne' luoghi posti costantemente all'ombra del corpo?

Digitized by Google

Per la diversa facoltà assorbente della neve sulle varie specie di calore. E veramente qui abbiamo due sorgenti calorifiche: il sole, ed il fusto riscaldato: i raggi della prima sorgente sono pochissimo assorbiti dalla neve, la quale assorbe invece i raggi della seconda sorgente con tanta energia da produrre il fenomeno osservato.

Rumford fu di parere che al color della pelle era da attribuirsi la principal cagione per cui i negri soffrono meno dei bianchi ne' climi ardenti della zona torrida. Le tinte fosche, diceva egli, aumentano la facoltà assorbente e debbon quindi produrre il medesimo effetto sulla facoltà d'emissione, poichè quantunque queste due proprietà dieno risultamenti opposti, esse derivano in sostanza da quel solo principio da cui dipende l'entrata o l'uscita dal calore per gli strati superficiali: l'uomo a pelle nera emetterà dunque il calore del proprio corpo in maggior copia dell'uomo la cui epidermide pende al bianco. Ma la temperatura del corpo umano essendo per tutte le razze di 37° circa, e sapendosi dietro le sperienze del Melloni che il colore non esercita nessuna influenza sulla proprietà d'assorbimento o d'emissione quando la sorgente possiede un grado di calore inferiore a 150°, egli è manifesto che oggidì la spiegazione di Rumford non può altrimenti sostenersi.

In alcuni paesi ove è d'uopo conservare nelle piante coltivate a spalliera una temperatura più elevata di quella dell'atmosfera si usava dipingere i recinti in nero onde renderli più capaci di riscaldarsi sotto l'azione del sole. Questa pratica venne poscia dismessa per consiglio dei fisici i quali credevano che se l'assorbimento calorifico s'aumenta di giorno per l'applicazione della tinta nera, cresce parimente in virtù di questa colorazione l'emissione notturna, e non si ottiene quindi in definitiva nessun vantaggio. Ma per quanto si è detto di sopra il color nero aumenta notabilmente la facoltà assorbente dei corpi pei raggi solari senza accrescer punto la loro facoltà di emettere di notte il calore acquistato: l'uso antico dee dunque ripigliarsi ogni qual volta lo esigano i bisogni della orticultura.

Di tante belle scoperte il termo-moltiplicatore è già stato fecondo fra le mani di Macedonio Melloni! scoperte che gli meritarono gli applausi della Francia ove passarono sotto l'occhio severo e matematico dei Poisson, degli Arago e dei Biot: che gli fruttarono la famosa medaglia del Rumford, brillando in faccia agli Humboldt e ai Faraday; che in Italia, in Francia, in Germania, in Prussia, in Inghilterra, nella Danimarca,

Digitized by Google

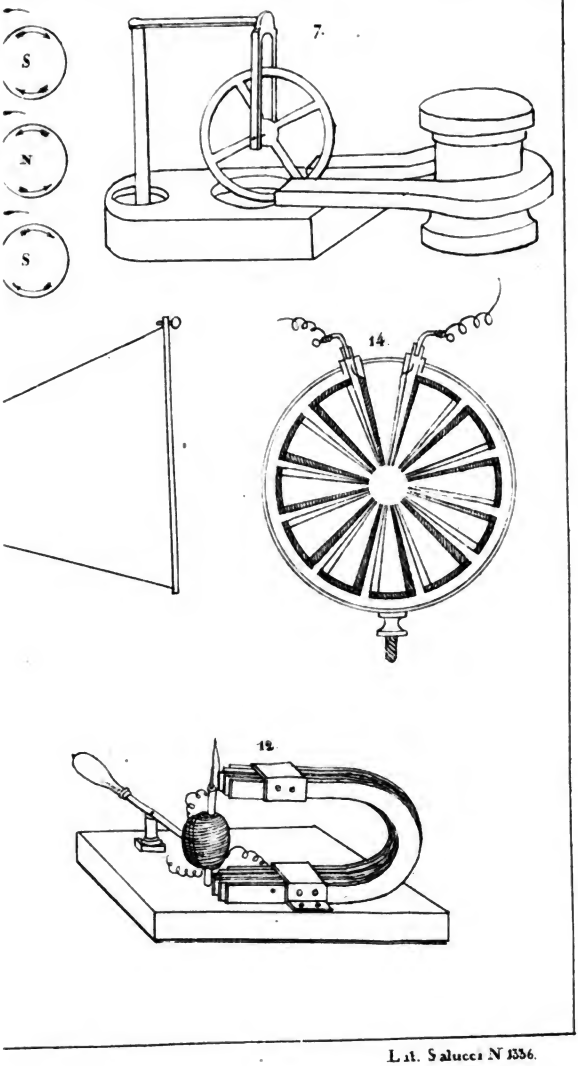
e negli Stati Uniti americani già fanno parte dell'insegnamento universitario; e che reclamano da lui un nuovo ed esteso trattato del calore, in cui la quistione della unità dei 4 imponderabili abbia la sua definitiva risoluzione. Così la fisica sperimentale, che ebbe da Galileo il suo incominciamento e dal Volta il progresso, dovrà a Nobili e a Melloni almeno in alcune parti la sua quasi più alta e completa perfezione.

99 939659

Digitized by Google

Digitized by Google

Tavola Unica.



Lit. Salucci N 1336.

Digitized by Google

Digitized by Google